รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เกริกชัย สุกาญจนัจที. ไอน้ำและพลังงานจากถ่านหิน. พระนคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.

จรวย บุญยุบล. ความเป็นไปได้ของการป้อนกลับพลังงานไฟฟ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมเข้าสู่ระบบไฟฟ้าของประเทศ. ศูนย์วิจัยและอบรมพลังงานจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.

ชุมพล ศฤงคารสิริ. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. พระนคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า, 2527.

ชอุ่ม ผลอยมีค่า และ วันชัย ริจิรวนิช. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. พระนคร: : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2529

ธนาคารแห่งประเทศไทย. ภาวะธุรกิจอุตสาหกรรม (กันยายน 2530): 13-23.

_____. รายงานเศรษฐกิจรายเดือน (พฤศจิกายน 2530): 1-25.

_____. ภาวะธุรกิจอุตสาหกรรม (สิงหาคม 2532): 35-53.

รอนโก คอนเซาติ้ง โคออเปอร์เรชั่น. พลังงานไฟฟ้าจากเศษอ้อยในประเทศไทย การวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจและวิชาการ. 2529.

วันชัย ริจิรวนิช และ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน. กรณีศึกษาเพื่อการตัดสินใจ. พระนคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.

ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย. การสัมนาประหยัดพลังงานวิธีการแบบญี่ปุ่น. 2532.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. รายงานผลวิเคราะห์การผลิตของโรงงานน้ำตาล (2523-2533).

_____. รายงานปริมาณและการใช้กากอ้อยของโรงงานน้ำตาล. 2532.

สำนักงานพลังงานแห่งชาติ. วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. 2528.

_____. รายงานไฟฟ้าของประเทศไทย. 2529.

หลาบ รับสิริ. เทอร์โมไดนามิคส์. พระนคร: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, 2528.

อภิชิต เทอดโยธิน. โคเยนเนอเรชั่นกับงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: สิงหาคม 2531.

ภาษาอังกฤษ

Dileep Kumar Jain. Rational use of energy in pulp and paper industry using cogeneration. Asian Institute of Technology, Bangkok,Thailand,August 1988.

Ehugot. Hand book of cane sugar energy. 1986.

Eric D Lason,Joan M Ogden and Robert H. Williams. Steam-injected gas turbine cogeneration for the cane sugar industry: Center for Energy and Environmental Studies,Princeton University, New Jersey,U.S.A., 1987.

Fu Gen Ren. Economic generation potential of Taiwan's Industry, AIT, Thailand,1988.

International Sugar Journal. Energy management. Vol.90,1988.

Ronco Consulting Corporation. Cane energy utilization symposium areport from the 2nd pacific basin biofuels workshop. 1987.

Samuel G. Dukelow Improving Boiler Efficiency. 1981.

Winrock International. Cane energy trial year phase 1 nongyai sugar mill. Thailand, 1990.

_____. Interconection of sugar mills to the Thailand Electrical Power Grid, 1990.

ภาคผนวก ก

โปรแกรมการวิเคราะห์เชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์

1 โปรแกรมการวิเคราะห์เชิงเทคนิคระบบโคเจนเนอเรชั่นแบบ Back Pressure ขนาดไฟฟ้าส่งออก 1 และ 5 MW

2 โปรแกรมการวิเคราะห์เชิงเทคนิคระบบโคเจนเนอเรชั่นแบบ Extraction Condensing ขนาดไฟฟ้าส่งออก 10 MW

3 โปรแกรมการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1 โปรแกรมการวิเคราะห์เชิงเทคนิคระบบโคเจนเนอเรชั่นแบบ Back Pressure ขนาดไฟฟ้าส่งออก 1 และ 5 MW

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
K1: 'Table 1
I2: [W11] 'The Technical Evaluation of Cogeneration System
J3: 'Example Sugar Mill
I4: [W11] '     Cogeneration for 1 MW Export
A7: 'DATA
A9: 'Heat available for bagasse
F9: (,2) [W11] 7.53
G9: [W11] 'MJ/KG
J9: 'Boiler inlet temperature
N9: 95
O9: ' C
A10: 'Heat available for fuel oil
F10: (,2) [W11] 39.77
G10: [W11] 'MJ/LITRE
J10: 'Boiler outlet pressure
N10: (,2) 2000
O10: 'KPa
A11: 'Bagasse consumtion
F11: (S3) [W11] 199096760
G11: [W11] 'KG
J11: 'Boiler inlet enthalpy
N11: 397.96
O11: 'KJ/KG
A12: 'Fuel oil consumtion
F12: (S3) [W11] 386713
G12: [W11] 'LITRE
J12: 'Boiler outlet enthalpy
N12: (,2) 3159.12
O12: 'KJ/KG
A13: 'Steam production
F13: (S3) [W11] 419401080
G13: [W11] 'KG
J13: '% Electricity from utility
N13: 7.3
O13: 'Elect.Production
A14: 'Steam in plant for generator turbine
F14: (,2) [W11] 37.62
G14: [W11] '%
J14: 'Fuel oil rate
N14: 1
O14: '% Total fuel
A15: 'Electricity production
F15: (S3) [W11] 16415000
G15: [W11] 'KWH
J15: 'Electricity for displace
N15: 85.25
O15: '% Electricity from utility
A16: 'Electricity from utility
F16: (S3) [W11] 1196148
G16: [W11] 'KWH
J16: 'Electricity from utility (on season)
N16: 14.44
O16: '% Electricity displace
A17: 'Ton cane crushing
F17: (S3) [W11] 887311
G17: [W11] 'TON
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
A20: 'Year
B20: [W11] 1991
F20: [W11] 1992
G20: [W11] 1993
H20: [W11] 1994
I20: [W11] 1995
J20: 1996
K20: 1997
L20: 1998
M20: 1999
N20: 2000
O20: 2001
A22: 'Ton cane crushing (TON)
E22: (S3) [W11] 695183
F22: (S3) [W11] 785824
G22: (S3) [W11] 609264
H22: (S3) [W11] 730898
I22: (S3) [W11] 676881
J22: (S3) 743481
K22: (S3) 965275
L22: (S3) 933149
M22: (S3) 979121
N22: (S3) 812358
O22: (S3) 740577
A23: 'Cane crushing rate (TC/HR.)
E23: (S3) [W11] 431.74
F23: (S3) [W11] 443.73
G23: (S3) [W11] 455.72
H23: (S3) [W11] 467.7
I23: (S3) [W11] 479.69
J23: (S3) 491.67
K23: (S3) 503.66
L23: (S3) 515.65
M23: (S3) 527.64
N23: (S3) 534.75
O23: (S3) 534.75
A24: 'KW export on season (KW)
E24: (S3) [W11] 1000
F24: (S3) [W11] 1000
G24: (S3) [W11] 1000
H24: (S3) [W11] 1000
I24: (S3) [W11] 1000
J24: (S3) 1000
K24: (S3) 1000
L24: (S3) 1000
M24: (S3) 1000
N24: (S3) 1000
O24: (S3) 1000
A25: 'KW export off season (KW)
E25: (S3) [W11] 1000
F25: (S3) [W11] 1000
G25: (S3) [W11] 1000
H25: (S3) [W11] 1000
I25: (S3) [W11] 1000
J25: (S3) 1000
K25: (S3) 1000
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
L25: (S3) 1000
M25: (S3) 1000
N25: (S3) 1000
O25: (S3) 1000
A26: 'Bagasse available (TON)
E26: (S3) [W11] 191175
F26: (S3) [W11] 216101
G26: (S3) [W11] 167547
H26: (S3) [W11] 200997
I26: (S3) [W11] 186142
J26: (S3) 204457
K26: (S3) 265450
L26: (S3) 256616
M26: (S3) 269258
N26: (S3) 223398
O26: (S3) 203658
E27: (S3) [W11] '
A28: '---------
A29: 'Result
A31: 'Boiler efficiency (%)
E31: (S3) [W11] ($N$12-$N$11)*$F$13*100/($F$11*$F$9+$F$12*$F$10)/1000
F31: (S3) [W11] ($N$12-$N$11)*$F$13*100/($F$11*$F$9+$F$12*$F$10)/1000
G31: (S3) [W11] ($N$12-$N$11)*$F$13*100/($F$11*$F$9+$F$12*$F$10)/1000
H31: (S3) [W11] ($N$12-$N$11)*$F$13*100/($F$11*$F$9+$F$12*$F$10)/1000
I31: (S3) [W11] ($N$12-$N$11)*$F$13*100/($F$11*$F$9+$F$12*$F$10)/1000
J31: (S3) ($N$12-$N$11)*$F$13*100/($F$11*$F$9+$F$12*$F$10)/1000
K31: (S3) ($N$12-$N$11)*$F$13*100/($F$11*$F$9+$F$12*$F$10)/1000
L31: (S3) ($N$12-$N$11)*$F$13*100/($F$11*$F$9+$F$12*$F$10)/1000
M31: (S3) ($N$12-$N$11)*$F$13*100/($F$11*$F$9+$F$12*$F$10)/1000
N31: (S3) ($N$12-$N$11)*$F$13*100/($F$11*$F$9+$F$12*$F$10)/1000
O31: (S3) ($N$12-$N$11)*$F$13*100/($F$11*$F$9+$F$12*$F$10)/1000
A32: 'Steam - cane ratio (KG/TC)
E32: (S3) [W11] +$F$13/$F$17
F32: (S3) [W11] +$F$13/$F$17
G32: (S3) [W11] +$F$13/$F$17
H32: (S3) [W11] +$F$13/$F$17
I32: (S3) [W11] +$F$13/$F$17
J32: (S3) +$F$13/$F$17
K32: (S3) +$F$13/$F$17
L32: (S3) +$F$13/$F$17
M32: (S3) +$F$13/$F$17
N32: (S3) +$F$13/$F$17
O32: (S3) +$F$13/$F$17
A33: 'Electricity - steam ratio (KWH/KG)
E33: (S3) [W11] +$F$15/($F$13*$F$14/100)
F33: (S3) [W11] +$F$15/($F$13*$F$14/100)
G33: (S3) [W11] +$F$15/($F$13*$F$14/100)
H33: (S3) [W11] +$F$15/($F$13*$F$14/100)
I33: (S3) [W11] +$F$15/($F$13*$F$14/100)
J33: (S3) +$F$15/($F$13*$F$14/100)
K33: (S3) +$F$15/($F$13*$F$14/100)
L33: (S3) +$F$15/($F$13*$F$14/100)
M33: (S3) +$F$15/($F$13*$F$14/100)
N33: (S3) +$F$15/($F$13*$F$14/100)
O33: (S3) +$F$15/($F$13*$F$14/100)
A34: 'Electricity - cane ratio (KWH/TC)
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
B34: (S3) [W11] +$F$15/$F$17
F34: (S3) [W11] +$F$15/$F$17
G34: (S3) [W11] +$F$15/$F$17
H34: (S3) [W11] +$F$15/$F$17
I34: (S3) [W11] +$F$15/$F$17
J34: (S3) +$F$15/$F$17
K34: (S3) +$F$15/$F$17
L34: (S3) +$F$15/$F$17
M34: (S3) +$F$15/$F$17
N34: (S3) +$F$15/$F$17
O34: (S3) +$F$15/$F$17
A35: 'Electricity for export on season (KWH)
B35: (S3) [W11] +B24*(B22/B23)
F35: (S3) [W11] +F24*(F22/F23)
G35: (S3) [W11] +G24*(G22/G23)
H35: (S3) [W11] +H24*(H22/H23)
I35: (S3) [W11] +I24*(I22/I23)
J35: (S3) +J24*(J22/J23)
K35: (S3) +K24*(K22/K23)
L35: (S3) +L24*(L22/L23)
M35: (S3) +M24*(M22/M23)
N35: (S3) +N24*(N22/N23)
O35: (S3) +O24*(O22/O23)
A36: 'Electricity for export off season (KWH)
B36: (S3) [W11] +B25*(7680-(B22/B23))
F36: (S3) [W11] +F25*(7680-(F22/F23))
G36: (S3) [W11] +G25*(7680-(G22/G23))
H36: (S3) [W11] +H25*(7680-(H22/H23))
I36: (S3) [W11] +I25*(7680-(I22/I23))
J36: (S3) +J25*(7680-(J22/J23))
K36: (S3) +K25*(7680-(K22/K23))
L36: (S3) +L25*(7680-(L22/L23))
M36: (S3) +M25*(7680-(M22/M23))
N36: (S3) +N25*(7680-(N22/N23))
O36: (S3) +O25*(7680-(O22/O23))
A37: 'Total electricity for export (KWH)
B37: (S3) [W11] +B35+B36
F37: (S3) [W11] +F35+F36
G37: (S3) [W11] +G35+G36
H37: (S3) [W11] +H35+H36
I37: (S3) [W11] +I35+I36
J37: (S3) +J35+J36
K37: (S3) +K35+K36
L37: (S3) +L35+L36
M37: (S3) +M35+M36
N37: (S3) +N35+N36
O37: (S3) +O35+O36
A38: 'Steam consumption on season (KG/HR.)
B38: (S3) [W11] ((B35+B45*($N$16/100))/(B33)+B32*B22)/(B22/B23)
F38: (S3) [W11] ((F35+F45*($N$16/100))/(F33)+F32*F22)/(F22/F23)
G38: (S3) [W11] ((G35+G45*($N$16/100))/(G33)+G32*G22)/(G22/G23)
H38: (S3) [W11] ((H35+H45*($N$16/100))/(H33)+H32*H22)/(H22/H23)
I38: (S3) [W11] ((I35+I45*($N$16/100))/(I33)+I32*I22)/(I22/I23)
J38: (S3) ((J35+J45*($N$16/100))/(J33)+J32*J22)/(J22/J23)
K38: (S3) ((K35+K45*($N$16/100))/(K33)+K32*K22)/(K22/K23)
L38: (S3) ((L35+L45*($N$16/100))/(L33)+L32*L22)/(L22/L23)
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
M38: (S3) ((M35+M45*($N$16/100))/(M33)+M32*M22)/(M22/M23)
N38: (S3) ((N35+N45*($N$16/100))/(N33)+N32*N22)/(N22/N23)
O38: (S3) ((O35+O45*($N$16/100))/(O33)+O32*O22)/(O22/O23)
A39: 'Steam consumption off season (KG/HR.)
E39: (S3) [W11] (E45*(1-$N$16/100)+E36)/(E33)/(7680-(E22/E23))
F39: (S3) [W11] (F45*(1-$N$16/100)+F36)/(F33)/(7680-(F22/F23))
G39: (S3) [W11] (G45*(1-$N$16/100)+G36)/(G33)/(7680-(G22/G23))
H39: (S3) [W11] (H45*(1-$N$16/100)+H36)/(H33)/(7680-(H22/H23))
I39: (S3) [W11] (I45*(1-$N$16/100)+I36)/(I33)/(7680-(I22/I23))
J39: (S3) (J45*(1-$N$16/100)+J36)/(J33)/(7680-(J22/J23))
K39: (S3) (K45*(1-$N$16/100)+K36)/(K33)/(7680-(K22/K23))
L39: (S3) (L45*(1-$N$16/100)+L36)/(L33)/(7680-(L22/L23))
M39: (S3) (M45*(1-$N$16/100)+M36)/(M33)/(7680-(M22/M23))
N39: (S3) (N45*(1-$N$16/100)+N36)/(N33)/(7680-(N22/N23))
O39: (S3) (O45*(1-$N$16/100)+O36)/(O33)/(7680-(O22/O23))
A40: 'Fuel consumption on season (KJ)
E40: (S3) [W11] ($N$12-$N$11)*E38*(E22/E23)/(E31/100)
F40: (S3) [W11] ($N$12-$N$11)*F38*(F22/F23)/(F31/100)
G40: (S3) [W11] ($N$12-$N$11)*G38*(G22/G23)/(G31/100)
H40: (S3) [W11] ($N$12-$N$11)*H38*(H22/H23)/(H31/100)
I40: (S3) [W11] ($N$12-$N$11)*I38*(I22/I23)/(I31/100)
J40: (S3) ($N$12-$N$11)*J38*(J22/J23)/(J31/100)
K40: (S3) ($N$12-$N$11)*K38*(K22/K23)/(K31/100)
L40: (S3) ($N$12-$N$11)*L38*(L22/L23)/(L31/100)
M40: (S3) ($N$12-$N$11)*M38*(M22/M23)/(M31/100)
N40: (S3) ($N$12-$N$11)*N38*(N22/N23)/(N31/100)
O40: (S3) ($N$12-$N$11)*O38*(O22/O23)/(O31/100)
A41: 'Fuel consumption off season (KJ)
E41: (S3) [W11] ($N$12-$N$11)*E39*(7680-(E22/E23))/(E31/100)
F41: (S3) [W11] ($N$12-$N$11)*F39*(7680-(F22/F23))/(F31/100)
G41: (S3) [W11] ($N$12-$N$11)*G39*(7680-(G22/G23))/(G31/100)
H41: (S3) [W11] ($N$12-$N$11)*H39*(7680-(H22/H23))/(H31/100)
I41: (S3) [W11] ($N$12-$N$11)*I39*(7680-(I22/I23))/(I31/100)
J41: (S3) ($N$12-$N$11)*J39*(7680-(J22/J23))/(J31/100)
K41: (S3) ($N$12-$N$11)*K39*(7680-(K22/K23))/(K31/100)
L41: (S3) ($N$12-$N$11)*L39*(7680-(L22/L23))/(L31/100)
M41: (S3) ($N$12-$N$11)*M39*(7680-(M22/M23))/(M31/100)
N41: (S3) ($N$12-$N$11)*N39*(7680-(N22/N23))/(N31/100)
O41: (S3) ($N$12-$N$11)*O39*(7680-(O22/O23))/(O31/100)
A42: 'Total fuel consumption (KJ)
E42: (S3) [W11] +E40+E41
F42: (S3) [W11] +F40+F41
G42: (S3) [W11] +G40+G41
H42: (S3) [W11] +H40+H41
I42: (S3) [W11] +I40+I41
J42: (S3) +J40+J41
K42: (S3) +K40+K41
L42: (S3) +L40+L41
M42: (S3) +M40+M41
N42: (S3) +N40+N41
O42: (S3) +O40+O41
A43: 'Waste fuel demand (KJ)
E43: (S3) [W11] +E42-E26*$F$9*10^6
F43: (S3) [W11] +F42-F26*$F$9*10^6
G43: (S3) [W11] +G42-G26*$F$9*10^6
H43: (S3) [W11] +H42-H26*$F$9*10^6
```

```
I43: (S3) [W11] +I42-I26*$F$9*10^6
J43: (S3) +J42-J26*$F$9*10^6
K43: (S3) +K42-K26*$F$9*10^6
L43: (S3) +L42-L26*$F$9*10^6
M43: (S3) +M42-M26*$F$9*10^6
N43: (S3) +N42-N26*$F$9*10^6
O43: (S3) +O42-O26*$F$9*10^6
A44: 'Displace fuel oil(MJ)
E44: (S3) [W11] ($F$10*$F$12+$F$9*$F$11)/$F$17*E22*($N$14/100)
F44: (S3) [W11] ($F$10*$F$12+$F$9*$F$11)/$F$17*F22*($N$14/100)
G44: (S3) [W11] ($F$10*$F$12+$F$9*$F$11)/$F$17*G22*($N$14/100)
H44: (S3) [W11] ($F$10*$F$12+$F$9*$F$11)/$F$17*H22*($N$14/100)
I44: (S3) [W11] ($F$10*$F$12+$F$9*$F$11)/$F$17*I22*($N$14/100)
J44: (S3) ($F$10*$F$12+$F$9*$F$11)/$F$17*J22*($N$14/100)
K44: (S3) ($F$10*$F$12+$F$9*$F$11)/$F$17*K22*($N$14/100)
L44: (S3) ($F$10*$F$12+$F$9*$F$11)/$F$17*L22*($N$14/100)
M44: (S3) ($F$10*$F$12+$F$9*$F$11)/$F$17*M22*($N$14/100)
N44: (S3) ($F$10*$F$12+$F$9*$F$11)/$F$17*N22*($N$14/100)
O44: (S3) ($F$10*$F$12+$F$9*$F$11)/$F$17*O22*($N$14/100)
A45: 'Displace electricity (KWH)
E45: (S3) [W11] +E34*E22*($N$13/100)*$N$15/100
F45: (S3) [W11] +F34*F22*($N$13/100)*$N$15/100
G45: (S3) [W11] +G34*G22*($N$13/100)*$N$15/100
H45: (S3) [W11] +H34*H22*($N$13/100)*$N$15/100
I45: (S3) [W11] +I34*I22*($N$13/100)*$N$15/100
J45: (S3) +J34*J22*($N$13/100)*$N$15/100
K45: (S3) +K34*K22*($N$13/100)*$N$15/100
L45: (S3) +L34*L22*($N$13/100)*$N$15/100
M45: (S3) +M34*M22*($N$13/100)*$N$15/100
N45: (S3) +N34*N22*($N$13/100)*$N$15/100
O45: (S3) +O34*O22*($N$13/100)*$N$15/100
A46: 'KW (on season)
E46: (S3) [W11] ($N$16/100*E45+E34*E22)/(E22/E23)+E24
F46: (S3) [W11] ($N$16/100*F45+F34*F22)/(F22/F23)+F24
G46: (S3) [W11] ($N$16/100*G45+G34*G22)/(G22/G23)+G24
H46: (S3) [W11] ($N$16/100*H45+H34*H22)/(H22/H23)+H24
I46: (S3) [W11] ($N$16/100*I45+I34*I22)/(I22/I23)+I24
J46: (S3) ($N$16/100*J45+J34*J22)/(J22/J23)+J24
K46: (S3) ($N$16/100*K45+K34*K22)/(K22/K23)+K24
L46: (S3) ($N$16/100*L45+L34*L22)/(L22/L23)+L24
M46: (S3) ($N$16/100*M45+M34*M22)/(M22/M23)+M24
N46: (S3) ($N$16/100*N45+N34*N22)/(N22/N23)+N24
O46: (S3) ($N$16/100*O45+O34*O22)/(O22/O23)+O24
A47: 'KW (off season)
E47: (S3) [W11] (1-$N$16/100)*E45/(7680-E22/E23)+E25
F47: (S3) [W11] (1-$N$16/100)*F45/(7680-F22/F23)+F25
G47: (S3) [W11] (1-$N$16/100)*G45/(7680-G22/G23)+G25
H47: (S3) [W11] (1-$N$16/100)*H45/(7680-H22/H23)+H25
I47: (S3) [W11] (1-$N$16/100)*I45/(7680-I22/I23)+I25
J47: (S3) (1-$N$16/100)*J45/(7680-J22/J23)+J25
K47: (S3) (1-$N$16/100)*K45/(7680-K22/K23)+K25
L47: (S3) (1-$N$16/100)*L45/(7680-L22/L23)+L25
M47: (S3) (1-$N$16/100)*M45/(7680-M22/M23)+M25
N47: (S3) (1-$N$16/100)*N45/(7680-N22/N23)+N25
O47: (S3) (1-$N$16/100)*O45/(7680-O22/O23)+O25
```

2 โปรแกรมการวิเคราะห์เชิงเทคนิคระบบโคเจนเนอเรชั่นแบบ Extraction Condensing ขนาดไฟฟ้าส่งออก 10 MW

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
I1: [W11] 'Table 3
G2: [W11] 'The Technical Evaluation of Cogeneration System
H3: [W11] '      Example Sugar Mill
H4: [W11] 'Cogeneration for 10 MW export
A7: 'DATA
A9: 'Pressure
G9: [W11] 'Unit
H9: [W11] 'Enthalpy
N9: [W11] 'Unit
O9: [W11] 'Specific vol.
T9: 'Unit
A10: '  New boiler outlet
F10: (,2) 6000
G10: [W11] 'KPa
H10: [W11] '  New boiler outlet
M10: (,2) [W11] 3374.04
N10: [W11] 'kj/kg
O10: [W11] '  Condenser pump inlet
S10: 0.001014
T10: 'm /kg
A11: '  Turbine extraaction outlet
F11: (,2) 2000
G11: [W11] 'KPa
H11: [W11] '  Turbine extraaction outlet
M11: (,2) [W11] 3159.12
N11: [W11] 'kj/kg
O11: [W11] '  Deaerator outlet
S11: 0.001177
T11: 'm /kg
A12: '  Turbine condensing outlet
F12: (,2) 15
G12: [W11] 'KPa
H12: [W11] '  Turbine condensing outlet
K12: [W11] '(Sat.Liquit)
M12: (,2) [W11] 225.94
N12: [W11] 'kj/kg
O12: [W11] 'Efficiency
A13: '  Old boiler outlet
F13: (,2) 2000
G13: [W11] 'KPa
H13: [W11] '  Turbine condensing outlet
K13: [W11] '(Evap)
M13: (,2) [W11] 2373.1
N13: [W11] 'kj/kg
O13: [W11] '  New boiler
S13: 80
T13: '%
A14: '  Condenser pump inlet
F14: 15
G14: [W11] 'Kpa
H14: [W11] '  Condenser pump inlet
M14: (,2) [W11] 225.94
N14: [W11] 'kj/kg
O14: [W11] '  Old boiler
S14: 76.46
T14: '%
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
A15: '  Condenser pump outlet
F15: 2000
G15: [W11] 'Kpa
H15: [W11] '  Deaerator outlet
M15: (,2) [W11] 908.79
N15: [W11] 'kj/kg
O15: [W11] '  Condenser pump
S15: 80
T15: '%
A16: '  Deaerator outlet
F16: (,2) 2000
G16: [W11] 'KPa
H16: [W11] '  New boiler pump inlet
M16: (,2) [W11] 908.79
N16: [W11] 'kj/kg
O16: [W11] '  Old boiler feedwater pump
S16: 80
T16: '%
A17: '  New boiler pump inlet
F17: (,2) 2000
G17: [W11] 'KPa
H17: [W11] '  Old boiler pump inlet
M17: (,2) [W11] 908.79
N17: [W11] 'kj/kg
O17: [W11] '  New boiler feedwater pump
S17: 80
T17: '%
A18: '  Old boiler pump inlet
F18: (,2) 2000
G18: [W11] 'KPa
H18: [W11] '  Old boiler outlet
M18: (,2) [W11] 3159.12
N18: [W11] 'kj/kg
O18: [W11] 'Others
A19: '  New boiler inlet
F19: (,2) 6000
G19: [W11] 'KPa
H19: [W11] '  Plant inlet
M19: (,2) [W11] 3159.12
N19: [W11] 'kj/kg
O19: [W11] '  Heat available for bagasse
S19: (,2) 7.53
T19: 'MJ/KG
A20: '  Old boiler inlet
F20: (,2) 2000
G20: [W11] 'KPa
H20: [W11] '  Plant outlet
M20: (,2) [W11] 134.15
N20: [W11] 'kj/kg
O20: [W11] '  Heat available for fuel oil
S20: (,2) 39.77
T20: 'MJ/KG
A21: '  Plant inlet
F21: (,2) 2000
G21: [W11] 'Kpa
H21: [W11] '  Deaerator inlet
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
M21: (,2) [W11] 3159.12
N21: [W11] 'kj/kg
O21: [W11] '  Steam production (*)
S21: (S2) 419401080
T21: 'KG
A22: '  Deaerator inlet
F22: (,2) 2000
G22: [W11] 'KPa
H22: [W11] 'Entropy
O22: [W11] '  Electricity production (*)
S22: (S2) 16415000
T22: 'KWH
A23: 'Temperature
H23: [W11] '  New boiler outlet
M23: [W11] 6.8159
N23: [W11] 'kj/kg K
O23: [W11] '  Bagasse consumption (*)
S23: (S2) 199096760
T23: 'MJ/KG
A24: '  New boiler outlet
F24: 480
G24: [W11] ' C
H24: [W11] '  Turbine condensing outlet
K24: [W11] '(Sat.Liquit)
M24: [W11] 0.7549
N24: [W11] 'kj/kg K
O24: [W11] '  fuel oli consumption (*)
S24: (S2) 386713
T24: 'MJ/KG
A25: '  Turbine extraaction outlet
F25: 360
G25: [W11] ' C
H25: [W11] '  Turbine condensing outlet
K25: [W11] '(Evap)
M25: [W11] 7.2536
N25: [W11] 'kj/kg K
O25: [W11] '  Electricity from utility (*)
S25: (S2) 1196148
T25: 'MJ/KG
A26: '  Old boiler outlet
F26: 360
G26: [W11] ' C
H26: [W11] 'Mass flow
O26: [W11] '  Ton cane crushing (*)
S26: (S2) 887311
T26: 'TON
A27: '  Plant outlet
F27: 32
G27: [W11] ' C
H27: [W11] '  Turbine extraaction outlet (on season)
M27: [W11] 65000
N27: [W11] 'kg/hr
O27: [W11] '  Steam in plant for generator turbine
S27: 37.62
T27: '% Total steam production
A28: '  Plant inlet
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
F28: 360
G28: [W11] ' C
H28: [W11] '  Turbine condensing outlet
M28: [W11] 25695
N28: [W11] 'kg/hr
O28: [W11] '  Electricity from utility
S28: 7.3
T28: '% Electricity production
A29: '  Deaerator inlet
F29: 360
G29: [W11] ' C
H29: [W11] '  Condenser pump inlet
M29: [W11] 25695
N29: [W11] 'kg/hr
O29: [W11] '  Electricity for displace
S29: 85.25
T29: '% Electricity from utility
H30: [W11] '  Condenser pump outlet
M30: [W11] 25695
N30: [W11] 'kg/hr
O30: [W11] '  Electricity for displace (on season)
S30: 14.44
T30: '% Electricity displace
A34: 'Year
G34: [W11] 1991
H34: [W11] 1992
I34: [W11] 1993
J34: [W11] 1994
K34: [W11] 1995
L34: [W11] 1996
M34: [W11] 1997
N34: [W11] 1998
O34: [W11] 1999
P34: [W11] 2000
Q34: [W11] 2001
A36: 'Ton cane crushing (TON)
G36: (,0) [W11] 695183
H36: (,0) [W11] 785824
I36: (,0) [W11] 609264
J36: (,0) [W11] 730898
K36: (,0) [W11] 676881
L36: (,0) [W11] 743481
M36: (,0) [W11] 965275
N36: (,0) [W11] 933149
O36: (,0) [W11] 979121
P36: (,0) [W11] 812358
Q36: (,0) [W11] 740577
A37: 'Cane crushing rate (TC/HR.)
G37: (,2) [W11] 431.74
H37: (,2) [W11] 443.73
I37: (,2) [W11] 455.72
J37: (,2) [W11] 467.7
K37: (,2) [W11] 479.69
L37: (,2) [W11] 491.67
M37: (,2) [W11] 503.66
N37: (,2) [W11] 515.65
```

```
O37: (,2) [W11] 527.64
P37: (,2) [W11] 534.75
Q37: (,2) [W11] 534.75
A38: 'Bagasse available (TON)
G38: (S2) [W11] 191175
H38: (S2) [W11] 216101
I38: (S2) [W11] 167547.6
J38: (S2) [W11] 200997
K38: (S2) [W11] 186142.3
L38: (S2) [W11] 204457.3
M38: (S2) [W11] 265450.6
N38: (S2) [W11] 256616.1
O38: (S2) [W11] 269258.4
P38: (S2) [W11] 223398.5
Q38: (S2) [W11] 203658.8
A39: 'ON SEASON
A40: 'KWmax of extraction condensing turbine
G40: [W11] 10000
H40: [W11] 10000
I40: [W11] 10000
J40: [W11] 10000
K40: [W11] 10000
L40: [W11] 10000
M40: [W11] 10000
N40: [W11] 10000
O40: [W11] 10000
P40: [W11] 10000
Q40: [W11] 10000
A41: 'OFF SEASON
A42: 'KWmax of extraction condensing turbine
G42: [W11] 10000
H42: [W11] 10000
I42: [W11] 10000
J42: [W11] 10000
K42: [W11] 10000
L42: [W11] 10000
M42: [W11] 10000
N42: [W11] 10000
O42: [W11] 10000
P42: [W11] 10000
Q42: [W11] 10000
A50: 'Result
A52: 'Year
G52: [W11] 1991
H52: [W11] 1992
I52: [W11] 1993
J52: [W11] 1994
K52: [W11] 1995
L52: [W11] 1996
M52: [W11] 1997
N52: [W11] 1998
O52: [W11] 1999
P52: [W11] 2000
Q52: [W11] 2001
A53: 'Steam per cane ratio (kg/tc)
G53: (S3) [W11] +$S$21/$S$26
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
H53: (S3) [W11] +$S$21/$S$26
I53: (S3) [W11] +$S$21/$S$26
J53: (S3) [W11] +$S$21/$S$26
K53: (S3) [W11] +$S$21/$S$26
L53: (S3) [W11] +$S$21/$S$26
M53: (S3) [W11] +$S$21/$S$26
N53: (S3) [W11] +$S$21/$S$26
O53: (S3) [W11] +$S$21/$S$26
P53: (S3) [W11] +$S$21/$S$26
Q53: (S3) [W11] +$S$21/$S$26
A54: 'Electricity per cane ratio (kwh/tc)
G54: (S3) [W11] +$S$22/$S$26
H54: (S3) [W11] +$S$22/$S$26
I54: (S3) [W11] +$S$22/$S$26
J54: (S3) [W11] +$S$22/$S$26
K54: (S3) [W11] +$S$22/$S$26
L54: (S3) [W11] +$S$22/$S$26
M54: (S3) [W11] +$S$22/$S$26
N54: (S3) [W11] +$S$22/$S$26
O54: (S3) [W11] +$S$22/$S$26
P54: (S3) [W11] +$S$22/$S$26
Q54: (S3) [W11] +$S$22/$S$26
A55: 'Electricity per steam ratio (kwh/kg)
G55: (S3) [W11] +$S$22/($S$21*$S$27/100)
H55: (S3) [W11] +$S$22/($S$21*$S$27/100)
I55: (S3) [W11] +$S$22/($S$21*$S$27/100)
J55: (S3) [W11] +$S$22/($S$21*$S$27/100)
K55: (S3) [W11] +$S$22/($S$21*$S$27/100)
L55: (S3) [W11] +$S$22/($S$21*$S$27/100)
M55: (S3) [W11] +$S$22/($S$21*$S$27/100)
N55: (S3) [W11] +$S$22/($S$21*$S$27/100)
O55: (S3) [W11] +$S$22/($S$21*$S$27/100)
P55: (S3) [W11] +$S$22/($S$21*$S$27/100)
Q55: (S3) [W11] +$S$22/($S$21*$S$27/100)
A57: 'On season
A59: 'Steam in plant used (kg/hr)
G59: (S3) [W11] +G53*G37
H59: (S3) [W11] +H53*H37
I59: (S3) [W11] +I53*I37
J59: (S3) [W11] +J53*J37
K59: (S3) [W11] +K53*K37
L59: (S3) [W11] +L53*L37
M59: (S3) [W11] +M53*M37
N59: (S3) [W11] +N53*N37
O59: (S3) [W11] +O53*O37
P59: (S3) [W11] +P53*P37
Q59: (S3) [W11] +Q53*Q37
A60: 'Steam in generated electricity displace (kg/hr)
G60: (S3) [W11] ((G54*G36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)/(G36/G37))/G55
H60: (S3) [W11] ((H54*H36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)/(H36/H37))/H55
I60: (S3) [W11] ((I54*I36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)/(I36/I37))/I55
J60: (S3) [W11] ((J54*J36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)/(J36/J37))/J55
K60: (S3) [W11] ((K54*K36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)/(K36/K37))/K55
L60: (S3) [W11] ((L54*L36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)/(L36/L37))/L55
M60: (S3) [W11] ((M54*M36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)/(M36/M37))/M55
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
O60: (S3) [W11] ((O54*O36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)/(O36/O37))/O55
P60: (S3) [W11] ((P54*P36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)/(P36/P37))/P55
Q60: (S3) [W11] ((Q54*Q36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)/(Q36/Q37))/Q55
A61: 'Total steam used (kg/hr)
G61: (S3) [W11] +G59+G60
H61: (S3) [W11] +H59+H60
I61: (S3) [W11] +I59+I60
J61: (S3) [W11] +J59+J60
K61: (S3) [W11] +K59+K60
L61: (S3) [W11] +L59+L60
M61: (S3) [W11] +M59+M60
N61: (S3) [W11] +N59+N60
O61: (S3) [W11] +O59+O60
P61: (S3) [W11] +P59+P60
Q61: (S3) [W11] +Q59+Q60
A62: 'X3
G62: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
H62: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
I62: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
J62: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
K62: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
L62: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
M62: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
N62: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
O62: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
P62: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
Q62: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
A63: 'Terbine condensing outlet enthalpy (kj/kg)
G63: (S3) [W11] +$M$12+G62*$M$13
H63: (S3) [W11] +$M$12+H62*$M$13
I63: (S3) [W11] +$M$12+I62*$M$13
J63: (S3) [W11] +$M$12+J62*$M$13
K63: (S3) [W11] +$M$12+K62*$M$13
L63: (S3) [W11] +$M$12+L62*$M$13
M63: (S3) [W11] +$M$12+M62*$M$13
N63: (S3) [W11] +$M$12+N62*$M$13
O63: (S3) [W11] +$M$12+O62*$M$13
P63: (S3) [W11] +$M$12+P62*$M$13
Q63: (S3) [W11] +$M$12+Q62*$M$13
A64: 'New boiler outlet mass flow (kg/hr)
G64: (S3) [W11] +$M$27+$M$28
H64: (S3) [W11] +$M$27+$M$28
I64: (S3) [W11] +$M$27+$M$28
J64: (S3) [W11] +$M$27+$M$28
K64: (S3) [W11] +$M$27+$M$28
L64: (S3) [W11] +$M$27+$M$28
M64: (S3) [W11] +$M$27+$M$28
N64: (S3) [W11] +$M$27+$M$28
O64: (S3) [W11] +$M$27+$M$28
P64: (S3) [W11] +$M$27+$M$28
Q64: (S3) [W11] +$M$27+$M$28
A65: 'Condenser pump work (kj/kg)
G65: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)
H65: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)
I65: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
J65: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)
K65: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)
L65: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)
M65: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)
N65: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)
O65: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)
P65: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)
Q65: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)
A66: 'Condenser pump outlet enthalpy (kj/kg)
G66: (S3) [W11] +$M$14+G65
H66: (S3) [W11] +$M$14+H65
I66: (S3) [W11] +$M$14+I65
J66: (S3) [W11] +$M$14+J65
K66: (S3) [W11] +$M$14+K65
L66: (S3) [W11] +$M$14+L65
M66: (S3) [W11] +$M$14+M65
N66: (S3) [W11] +$M$14+N65
O66: (S3) [W11] +$M$14+O65
P66: (S3) [W11] +$M$14+P65
Q66: (S3) [W11] +$M$14+Q65
A67: 'Old boiler outlet massflow (kg/hr)
G67: (S3) [W11] ($M$27*$M$11-G61*$M$19-G64*$M$15+$M$20*G61+G66*$M$30)/($M$15-$M$18)
H67: (S3) [W11] ($M$27*$M$11-H61*$M$19-H64*$M$15+$M$20*H61+H66*$M$30)/($M$15-$M$18)
I67: (S3) [W11] ($M$27*$M$11-I61*$M$19-I64*$M$15+$M$20*I61+I66*$M$30)/($M$15-$M$18)
J67: (S3) [W11] ($M$27*$M$11-J61*$M$19-J64*$M$15+$M$20*J61+J66*$M$30)/($M$15-$M$18)
K67: (S3) [W11] ($M$27*$M$11-K61*$M$19-K64*$M$15+$M$20*K61+K66*$M$30)/($M$15-$M$18)
L67: (S3) [W11] ($M$27*$M$11-L61*$M$19-L64*$M$15+$M$20*L61+L66*$M$30)/($M$15-$M$18)
M67: (S3) [W11] ($M$27*$M$11-M61*$M$19-M64*$M$15+$M$20*M61+M66*$M$30)/($M$15-$M$18)
N67: (S3) [W11] ($M$27*$M$11-N61*$M$19-N64*$M$15+$M$20*N61+N66*$M$30)/($M$15-$M$18)
O67: (S3) [W11] ($M$27*$M$11-O61*$M$19-O64*$M$15+$M$20*O61+O66*$M$30)/($M$15-$M$18)
P67: (S3) [W11] ($M$27*$M$11-P61*$M$19-P64*$M$15+$M$20*P61+P66*$M$30)/($M$15-$M$18)
Q67: (S3) [W11] ($M$27*$M$11-Q61*$M$19-Q64*$M$15+$M$20*Q61+Q66*$M$30)/($M$15-$M$18)
A68: 'Deaerator outlet mass flow (kg/hr)
G68: (S3) [W11] +G64+G67
H68: (S3) [W11] +H64+H67
I68: (S3) [W11] +I64+I67
J68: (S3) [W11] +J64+J67
K68: (S3) [W11] +K64+K67
L68: (S3) [W11] +L64+L67
M68: (S3) [W11] +M64+M67
N68: (S3) [W11] +N64+N67
O68: (S3) [W11] +O64+O67
P68: (S3) [W11] +P64+P67
Q68: (S3) [W11] +Q64+Q67
A69: 'Deaerator inlet mass flow (kg/hr)
G69: (S3) [W11] (G68*$M$15-G59*$M$20-$M$30*G66)/$M$21
H69: (S3) [W11] (H68*$M$15-H59*$M$20-$M$30*H66)/$M$21
I69: (S3) [W11] (I68*$M$15-I59*$M$20-$M$30*I66)/$M$21
J69: (S3) [W11] (J68*$M$15-J59*$M$20-$M$30*J66)/$M$21
K69: (S3) [W11] (K68*$M$15-K59*$M$20-$M$30*K66)/$M$21
L69: (S3) [W11] (L68*$M$15-L59*$M$20-$M$30*L66)/$M$21
M69: (S3) [W11] (M68*$M$15-M59*$M$20-$M$30*M66)/$M$21
N69: (S3) [W11] (N68*$M$15-N59*$M$20-$M$30*N66)/$M$21
O69: (S3) [W11] (O68*$M$15-O59*$M$20-$M$30*O66)/$M$21
P69: (S3) [W11] (P68*$M$15-P59*$M$20-$M$30*P66)/$M$21
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
Q69: (S3) [W11] (Q68*$M$15-Q59*$M$20-$M$30*Q66)/$M$21
A70: 'New boiler pump work (kj/kg)
G70: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
H70: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
I70: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
J70: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
K70: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
L70: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
M70: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
N70: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
O70: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
P70: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
Q70: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
A71: 'New boiler inlet enthalpy (kj/kg)
G71: (S3) [W11] +$M$16+G70
H71: (S3) [W11] +$M$16+H70
I71: (S3) [W11] +$M$16+I70
J71: (S3) [W11] +$M$16+J70
K71: (S3) [W11] +$M$16+K70
L71: (S3) [W11] +$M$16+L70
M71: (S3) [W11] +$M$16+M70
N71: (S3) [W11] +$M$16+N70
O71: (S3) [W11] +$M$16+O70
P71: (S3) [W11] +$M$16+P70
Q71: (S3) [W11] +$M$16+Q70
A72: 'Old boiler pump work (kj/kg)
G72: (S3) [W11] +$S$11*($F$20-$F$18)/($S$16/100)
H72: (S3) [W11] +$S$11*($F$20-$F$18)/($S$16/100)
I72: (S3) [W11] +$S$11*($F$20-$F$18)/($S$16/100)
J72: (S3) [W11] +$S$11*($F$20-$F$18)/($S$16/100)
K72: (S3) [W11] +$S$11*($F$20-$F$18)/($S$16/100)
L72: (S3) [W11] +$S$11*($F$20-$F$18)/($S$16/100)
M72: (S3) [W11] +$S$11*($F$20-$F$18)/($S$16/100)
N72: (S3) [W11] +$S$11*($F$20-$F$18)/($S$16/100)
O72: (S3) [W11] +$S$11*($F$20-$F$18)/($S$16/100)
P72: (S3) [W11] +$S$11*($F$20-$F$18)/($S$16/100)
Q72: (S3) [W11] +$S$11*($F$20-$F$18)/($S$16/100)
A73: 'Old boiler inlet enthalpy (kj/kg)
G73: (S3) [W11] +$M$16+G72
H73: (S3) [W11] +$M$16+H72
I73: (S3) [W11] +$M$16+I72
J73: (S3) [W11] +$M$16+J72
K73: (S3) [W11] +$M$16+K72
L73: (S3) [W11] +$M$16+L72
M73: (S3) [W11] +$M$16+M72
N73: (S3) [W11] +$M$16+N72
O73: (S3) [W11] +$M$16+O72
P73: (S3) [W11] +$M$16+P72
Q73: (S3) [W11] +$M$16+Q72
A74: 'Fuel demand (kj)
G74: (S3) [W11] (($M$10-G71)*G64/($S$13/100)+($M$18-G73)*G67/($S$14/100))*(G36/G37)
H74: (S3) [W11] (($M$10-H71)*H64/($S$13/100)+($M$18-H73)*H67/($S$14/100))*(H36/H37)
I74: (S3) [W11] (($M$10-I71)*I64/($S$13/100)+($M$18-I73)*I67/($S$14/100))*(I36/I37)
J74: (S3) [W11] (($M$10-J71)*J64/($S$13/100)+($M$18-J73)*J67/($S$14/100))*(J36/J37)
K74: (S3) [W11] (($M$10-K71)*K64/($S$13/100)+($M$18-K73)*K67/($S$14/100))*(K36/K37)
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
L74: (S3) [W11] (($M$10-L71)*L64/($S$13/100)+($M$18-L73)*L67/($S$14/100))*(L36/L37)
M74: (S3) [W11] (($M$10-M71)*M64/($S$13/100)+($M$18-M73)*M67/($S$14/100))*(M36/M37)
N74: (S3) [W11] (($M$10-N71)*N64/($S$13/100)+($M$18-N73)*N67/($S$14/100))*(N36/N37)
O74: (S3) [W11] (($M$10-O71)*O64/($S$13/100)+($M$18-O73)*O67/($S$14/100))*(O36/O37)
P74: (S3) [W11] (($M$10-P71)*P64/($S$13/100)+($M$18-P73)*P67/($S$14/100))*(P36/P37)
Q74: (S3) [W11] (($M$10-Q71)*Q64/($S$13/100)+($M$18-Q73)*Q67/($S$14/100))*(Q36/Q37)
A75: 'Electricity for export (kwh)
G75: (S3) [W11] +G40*G36/G37
H75: (S3) [W11] +H40*H36/H37
I75: (S3) [W11] +I40*I36/I37
J75: (S3) [W11] +J40*J36/J37
K75: (S3) [W11] +K40*K36/K37
L75: (S3) [W11] +L40*L36/L37
M75: (S3) [W11] +M40*M36/M37
N75: (S3) [W11] +N40*N36/N37
O75: (S3) [W11] +O40*O36/O37
P75: (S3) [W11] +P40*P36/P37
Q75: (S3) [W11] +Q40*Q36/Q37
A76: 'Electricity in plant used (kwh)
G76: (S3) [W11] +G54*G36
H76: (S3) [W11] +H54*H36
I76: (S3) [W11] +I54*I36
J76: (S3) [W11] +J54*J36
K76: (S3) [W11] +K54*K36
L76: (S3) [W11] +L54*L36
M76: (S3) [W11] +M54*M36
N76: (S3) [W11] +N54*N36
O76: (S3) [W11] +O54*O36
P76: (S3) [W11] +P54*P36
Q76: (S3) [W11] +Q54*Q36
A77: 'Electricity for displace (kwh)
G77: (S3) [W11] (G54*G36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)
H77: (S3) [W11] (H54*H36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)
I77: (S3) [W11] (I54*I36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)
J77: (S3) [W11] (J54*J36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)
K77: (S3) [W11] (K54*K36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)
L77: (S3) [W11] (L54*L36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)
M77: (S3) [W11] (M54*M36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)
N77: (S3) [W11] (N54*N36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)
O77: (S3) [W11] (O54*O36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)
P77: (S3) [W11] (P54*P36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)
Q77: (S3) [W11] (Q54*Q36)*($S$28/100)*($S$29/100)*($S$30/100)
A78: 'KWtotal
G78: (S3) [W11] (G75+G76+G77)/G36*G37
H78: (S3) [W11] (H75+H76+H77)/H36*H37
I78: (S3) [W11] (I75+I76+I77)/I36*I37
J78: (S3) [W11] (J75+J76+J77)/J36*J37
K78: (S3) [W11] (K75+K76+K77)/K36*K37
L78: (S3) [W11] (L75+L76+L77)/L36*L37
M78: (S3) [W11] (M75+M76+M77)/M36*M37
N78: (S3) [W11] (N75+N76+N77)/N36*N37
O78: (S3) [W11] (O75+O76+O77)/O36*O37
P78: (S3) [W11] (P75+P76+P77)/P36*P37
Q78: (S3) [W11] (Q75+Q76+Q77)/Q36*Q37
A81: 'Off season
A84: 'Steam in generated electricity displace (kg/hr)
G84: (S3) [W11] ((G54*G36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)/(G36/G37))/G55
H84: (S3) [W11] ((H54*H36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)/(H36/H37))/H55
```

```
J84: (S3) [W11] ((J54*J36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)/(J36/J37))/J55
K84: (S3) [W11] ((K54*K36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)/(K36/K37))/K55
L84: (S3) [W11] ((L54*L36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)/(L36/L37))/L55
M84: (S3) [W11] ((M54*M36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)/(M36/M37))/M55
N84: (S3) [W11] ((N54*N36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)/(N36/N37))/N55
O84: (S3) [W11] ((O54*O36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)/(O36/O37))/O55
P84: (S3) [W11] ((P54*P36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)/(P36/P37))/P55
Q84: (S3) [W11] ((Q54*Q36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)/(Q36/Q37))/Q55
A85: 'Steam in plant used (kg/hr)
G85: (S3) [W11] +G84
H85: (S3) [W11] +H84
I85: (S3) [W11] +I84
J85: (S3) [W11] +J84
K85: (S3) [W11] +K84
L85: (S3) [W11] +L84
M85: (S3) [W11] +M84
N85: (S3) [W11] +N84
O85: (S3) [W11] +O84
P85: (S3) [W11] +P84
Q85: (S3) [W11] +Q84
A86: 'X3
G86: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
H86: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
I86: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
J86: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
K86: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
L86: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
M86: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
N86: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
O86: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
P86: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
Q86: (S3) [W11] ($M$23-$M$24)/$M$25
A87: 'Turbine condensing outlet enthalpy (kj/kg)
G87: (S3) [W11] +$M$12+G86*$M$13
H87: (S3) [W11] +$M$12+H86*$M$13
I87: (S3) [W11] +$M$12+I86*$M$13
J87: (S3) [W11] +$M$12+J86*$M$13
K87: (S3) [W11] +$M$12+K86*$M$13
L87: (S3) [W11] +$M$12+L86*$M$13
M87: (S3) [W11] +$M$12+M86*$M$13
N87: (S3) [W11] +$M$12+N86*$M$13
O87: (S3) [W11] +$M$12+O86*$M$13
P87: (S3) [W11] +$M$12+P86*$M$13
Q87: (S3) [W11] +$M$12+Q86*$M$13
A88: 'Condenser pump outlet enthalpy (kj/kg)
G88: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)+$M$14
H88: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)+$M$14
I88: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)+$M$14
J88: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)+$M$14
K88: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)+$M$14
L88: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)+$M$14
M88: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)+$M$14
N88: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)+$M$14
O88: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)+$M$14
P88: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)+$M$14
Q88: (S3) [W11] +$S$10*($F$15-$F$14)/($S$15/100)+$M$14
```

```
A89: 'Turbine extraction outlet mass flow (kg/hr)
G89: (S3) [W11] (+G85*$M$20+$M$30*G88-G85*$M$19-$M$28*$M$15)/($M$15-$M$11)
H89: (S3) [W11] (+H85*$M$20+$M$30*H88-H85*$M$19-$M$28*$M$15)/($M$15-$M$11)
I89: (S3) [W11] (+I85*$M$20+$M$30*I88-I85*$M$19-$M$28*$M$15)/($M$15-$M$11)
J89: (S3) [W11] (+J85*$M$20+$M$30*J88-J85*$M$19-$M$28*$M$15)/($M$15-$M$11)
K89: (S3) [W11] (+K85*$M$20+$M$30*K88-K85*$M$19-$M$28*$M$15)/($M$15-$M$11)
L89: (S3) [W11] (+L85*$M$20+$M$30*L88-L85*$M$19-$M$28*$M$15)/($M$15-$M$11)
M89: (S3) [W11] (+M85*$M$20+$M$30*M88-M85*$M$19-$M$28*$M$15)/($M$15-$M$11)
N89: (S3) [W11] (+N85*$M$20+$M$30*N88-N85*$M$19-$M$28*$M$15)/($M$15-$M$11)
O89: (S3) [W11] (+O85*$M$20+$M$30*O88-O85*$M$19-$M$28*$M$15)/($M$15-$M$11)
P89: (S3) [W11] (+P85*$M$20+$M$30*P88-P85*$M$19-$M$28*$M$15)/($M$15-$M$11)
Q89: (S3) [W11] (+Q85*$M$20+$M$30*Q88-Q85*$M$19-$M$28*$M$15)/($M$15-$M$11)
A90: 'New boiler feedwater pump work (kj/kg)
G90: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
H90: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
I90: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
J90: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
K90: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
L90: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
M90: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
N90: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
O90: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
P90: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
Q90: (S3) [W11] +$S$11*($F$19-$F$17)/($S$17/100)
A91: 'New boiler inlet enthalpy (kj/kg)
G91: (S3) [W11] +$M$16+G90
H91: (S3) [W11] +$M$16+H90
I91: (S3) [W11] +$M$16+I90
J91: (S3) [W11] +$M$16+J90
K91: (S3) [W11] +$M$16+K90
L91: (S3) [W11] +$M$16+L90
M91: (S3) [W11] +$M$16+M90
N91: (S3) [W11] +$M$16+N90
O91: (S3) [W11] +$M$16+O90
P91: (S3) [W11] +$M$16+P90
Q91: (S3) [W11] +$M$16+Q90
A92: 'New boiler outlet mass flow (kg/hr)
G92: (S3) [W11] (G89+$M$28)
H92: (S3) [W11] (H89+$M$28)
I92: (S3) [W11] (I89+$M$28)
J92: (S3) [W11] (J89+$M$28)
K92: (S3) [W11] (K89+$M$28)
L92: (S3) [W11] (L89+$M$28)
M92: (S3) [W11] (M89+$M$28)
N92: (S3) [W11] (N89+$M$28)
O92: (S3) [W11] (O89+$M$28)
P92: (S3) [W11] (P89+$M$28)
Q92: (S3) [W11] (Q89+$M$28)
A93: 'Fuel demand (kj)
G93: (S3) [W11] (+$M$10-G91)*G92/($S$13/100)*(7680-G36/G37)
H93: (S3) [W11] (+$M$10-H91)*H92/($S$13/100)*(7680-H36/H37)
I93: (S3) [W11] (+$M$10-I91)*I92/($S$13/100)*(7680-I36/I37)
J93: (S3) [W11] (+$M$10-J91)*J92/($S$13/100)*(7680-J36/J37)
K93: (S3) [W11] (+$M$10-K91)*K92/($S$13/100)*(7680-K36/K37)
L93: (S3) [W11] (+$M$10-L91)*L92/($S$13/100)*(7680-L36/L37)
M93: (S3) [W11] (+$M$10-M91)*M92/($S$13/100)*(7680-M36/M37)
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
N93: (S3) [W11] (+$M$10-N91)*N92/($S$13/100)*(7680-N36/N37)
O93: (S3) [W11] (+$M$10-O91)*O92/($S$13/100)*(7680-O36/O37)
P93: (S3) [W11] (+$M$10-P91)*P92/($S$13/100)*(7680-P36/P37)
Q93: (S3) [W11] (+$M$10-Q91)*Q92/($S$13/100)*(7680-Q36/Q37)
A94: 'Electricity for export (kwh)
G94: (S3) [W11] +G42*(7680-G36/G37)
H94: (S3) [W11] +H42*(7680-H36/H37)
I94: (S3) [W11] +I42*(7680-I36/I37)
J94: (S3) [W11] +J42*(7680-J36/J37)
K94: (S3) [W11] +K42*(7680-K36/K37)
L94: (S3) [W11] +L42*(7680-L36/L37)
M94: (S3) [W11] +M42*(7680-M36/M37)
N94: (S3) [W11] +N42*(7680-N36/N37)
O94: (S3) [W11] +O42*(7680-O36/O37)
P94: (S3) [W11] +P42*(7680-P36/P37)
Q94: (S3) [W11] +Q42*(7680-Q36/Q37)
A95: 'Electricity for displace (kwh)
G95: (S3) [W11] (G54*G36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)
H95: (S3) [W11] (H54*H36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)
I95: (S3) [W11] (I54*I36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)
J95: (S3) [W11] (J54*J36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)
K95: (S3) [W11] (K54*K36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)
L95: (S3) [W11] (L54*L36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)
M95: (S3) [W11] (M54*M36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)
N95: (S3) [W11] (N54*N36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)
O95: (S3) [W11] (O54*O36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)
P95: (S3) [W11] (P54*P36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)
Q95: (S3) [W11] (Q54*Q36)*($S$28/100)*($S$29/100)*(1-$S$30/100)
A96: 'KWtotal
G96: (S3) [W11] (G94+G95)/(7680-G36/G37)
H96: (S3) [W11] (H94+H95)/(7680-H36/H37)
I96: (S3) [W11] (I94+I95)/(7680-I36/I37)
J96: (S3) [W11] (J94+J95)/(7680-J36/J37)
K96: (S3) [W11] (K94+K95)/(7680-K36/K37)
L96: (S3) [W11] (L94+L95)/(7680-L36/L37)
M96: (S3) [W11] (M94+M95)/(7680-M36/M37)
N96: (S3) [W11] (N94+N95)/(7680-N36/N37)
O96: (S3) [W11] (O94+O95)/(7680-O36/O37)
P96: (S3) [W11] (P94+P95)/(7680-P36/P37)
Q96: (S3) [W11] (Q94+Q95)/(7680-Q36/Q37)
A98: 'Totalfuel demand (kj)
G98: (S4) [W11] +G74+G93
H98: (S4) [W11] +H74+H93
I98: (S4) [W11] +I74+I93
J98: (S4) [W11] +J74+J93
K98: (S4) [W11] +K74+K93
L98: (S4) [W11] +L74+L93
M98: (S4) [W11] +M74+M93
N98: (S4) [W11] +N74+N93
O98: (S4) [W11] +O74+O93
P98: (S4) [W11] +P74+P93
Q98: (S4) [W11] +Q74+Q93
A99: 'Waste fuel demand (kj)
G99: (S3) [W11] +G98-G38*$S$19*1000000
H99: (S3) [W11] +H98-H38*$S$19*1000000
I99: (S3) [W11] +I98-I38*$S$19*1000000
```

```
J99: (S3) [W11] +J98-J38*$S$19*1000000
K99: (S3) [W11] +K98-K38*$S$19*1000000
L99: (S3) [W11] +L98-L38*$S$19*1000000
M99: (S3) [W11] +M98-M38*$S$19*1000000
N99: (S3) [W11] +N98-N38*$S$19*1000000
O99: (S3) [W11] +O98-O38*$S$19*1000000
P99: (S3) [W11] +P98-P38*$S$19*1000000
Q99: (S3) [W11] +Q98-Q38*$S$19*1000000
A100: 'Total electricity for export (kwh)
G100: (S3) [W11] +G75+G94
H100: (S3) [W11] +H75+H94
I100: (S3) [W11] +I75+I94
J100: (S3) [W11] +J75+J94
K100: (S3) [W11] +K75+K94
L100: (S3) [W11] +L75+L94
M100: (S3) [W11] +M75+M94
N100: (S3) [W11] +N75+N94
O100: (S3) [W11] +O75+O94
P100: (S3) [W11] +P75+P94
Q100: (S3) [W11] +Q75+Q94
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3 โปรแกรมการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
K1: 'Table 5.1
I2: [W8] 'The Economic Evaluation of Cogeneration System
J3: 'Example Sugar Mill (Base Case)
I4: [W8] 'Cogeneration for 1 MW Export
A5: +$N$6
B5: +$E$60
C5: [W10] +$K$60
D5: [W8] +$E$61
F5: +$N$6
G5: +$E$60
H5: [W10] +$K$60
I5: [W8] +$E$61
K5: +$N$6
L5: +$E$60
M5: [W9] +$K$60
N5: [W10] +$E$61
R5: +N6
S5: +$E$60
T5: +$K$60
U5: +$E$61
A6: 'Installed Cost
C6: [W10] 2794406*1
D6: [W8] '    Baht
F6: 'Max.Cont.Rating
H6: [W10] 1
I6: [W8] '   MW
K6: 'Buyback Price
N6: [W10] 1.25
O6: 'Baht/KWH
R6: 'Country
T6: 'THAILAND
A7: 'Loan Amount
C7: [W10] +C6*0.4
D7: [W8] '    Baht
F7: 'Loan Term
H7: [W10] 10
I7: [W8] 'Years
K7: 'O&M Cost
N7: [W10] 2310238
O7: 'Baht
R7: 'Industry
T7: 'Sugar Mill
A8: 'Salvage Value
C8: [W10] +C6*0.01
D8: [W8] '    Baht
F8: 'Corporate Tax Rate
H8: [W10] '
I8: [W8] '%
K8: 'Heating Value of Bagasse
N8: [W10] 7.53
O8: 'MJ/KG
R8: 'Factory
T8: 'Example
A9: 'Loan Interest Rate
C9: [W10] 15.81
D9: [W8] '%
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
F9: 'Depreciat.Policy
H9: [W10] 'Linear
K9: 'Heating Value of West Fuel
N9: [W10] 12.68
O9: 'MJ/KG
R9: 'Province
T9: 'Rajburi
A10: 'Equity
C10: [W10] +C6-C7
D10: [W8] '    Baht
F10: 'Discount Rate
H10: [W10] 13
I10: [W8] '%
K10: 'Heating Value of Fuel Oil
N10: [W10] 39.77
O10: 'MJ/Litre
R10: 'Exchange Rate
T10: 25.39
U10: 'Baht/$ US
A11: 'Book Life
C11: [W10] 20
D11: [W8] '   Years
F11: 'Period Study
H11: [W10] 10
I11: [W8] 'Year
K11: 'O&M Growth Rate
N11: [W10] 5*1
O11: '%
R11: 'Waste Fuel
T11: 0
U11: '% Change
A12: 'Energy Charge
C12: [W10] 0
D12: [W8] 'Baht/KW
F12: 'Contract Terms
H12: [W10] "5 - 10
I12: [W8] 'Year
K12: 'Buyback Escalation
N12: [W10] 0
O12: '%
R12: 'Buyback Price
T12: 0
U12: '% Change
A13: 'Bagasse Price
C13: [W10] 0
D13: [W8] '% Change
F13: 'Fueloil Price
H13: [W10] 0
I13: [W8] '%Change
K13: 'Electricity Price
N13: [W10] 0
O13: '% Change
A15: 'Year
G15: 1991
H15: [W10] 1992
I15: [W8] 1993
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
J15: 1994
K15: 1995
L15: 1996
M15: [W9] 1997
N15: [W10] 1998
O15: 1999
P15: 2000
Q15: 2001
S15: '
T15: '
U15: '
V15: '
G16: 'END
H16: [W10] 'Base Year
A18: 'Electricity for Export (KWH)
H18: [W10] 7680000
I18: [W8] 7680000
J18: 7680000
K18: 7680000
L18: 7680000
M18: [W9] 7680000
N18: [W10] 7680000
O18: 7680000
P18: 7680000
Q18: 7680000
A19: 'Bagasse for Sale (KJ)
H19: [W10] 0
I19: [W8] 0
J19: 0
K19: 0
L19: 0
M19: [W9] 46020000000
N19: [W10] 35630000000
O19: 50510000000
P19: 0
Q19: 0
A20: 'Waste Fuel Consumption (KJ)
H20: [W10] 12090000000
I20: [W8] 69270000000
J20: 29880000000
K20: 47370000000
L20: 25800000000
M20: [W9] 0
N20: [W10] 0
O20: 0
P20: 3497000000
Q20: 26750000000
A21: 'Fuel oil Consumption (KJ)
H21: [W10] 0
I21: [W8] 0
J21: 0
K21: 0
L21: 0
M21: [W9] 0
N21: [W10] 0
O21: 0
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
P21: 0
Q21: 0
A22: 'Displace Fuel Oil (MJ)
H22: [W10] 1.341*10^7
I22: [W8] 1.04*10^7
J22: 1.248*10^7
K22: 1.155*10^7
L22: 1.269*10^7
M22: [W9] 1.648*10^7
N22: [W10] 1.593*10^7
O22: 1.671*10^7
P22: 1.387*10^7
Q22: 1.264*10^7
A23: 'Bagasse Price (Baht/KG)
H23: [W10] 0.12*(1+0.03125+$C$13/100)^(+1)
I23: [W8] +H23*(1+0.00339/H23+$C$13/100)^(+1)
J23: +I23*(1+0.00357/I23+$C$13/100)^(+1)
K23: +J23*(1+0.00357/J23+$C$13/100)^(+1)
L23: +K23*(1+0.00357/K23+$C$13/100)^(+1)
M23: [W9] +L23*(1+0.00357/L23+$C$13/100)^(+1)
N23: [W10] +M23*(1+0.00357/M23+$C$13/100)^(+1)
O23: +N23*(1+0.00357/N23+$C$13/100)^(+1)
P23: +O23*(1+0.00357/O23+$C$13/100)^(+1)
Q23: +P23*(1+0.00357/P23+$C$13/100)^(+1)
A24: 'Electricity Price (Baht/KWH)
H24: [W10] 2.45*(1+0.06+$N$13/100)^1
I24: [W8] +H24*(1+0.05+N13/100)
J24: +I24*(1.04+$N$13/100)
K24: +J24*(1.04+$N$13/100)
L24: +K24*(1.04+$N$13/100)
M24: [W9] +L24*(1.04+$N$13/100)
N24: [W10] +M24*(1.04+$N$13/100)
O24: +N24*(1.04+$N$13/100)
P24: +O24*(1.04+$N$13/100)
Q24: +P24*(1.04+$N$13/100)
A25: 'Buyback Price (Baht/KWH)
H25: [W10] +$N$6*(T12/100+1.0706)
I25: [W8] +H25*(1.0605+T12/100)
J25: +I25*(1.0504+$T$12/100)
K25: +J25*(1.0504+$T$12/100)
L25: +K25*(1.0504+$T$12/100)
M25: [W9] +L25*(1.0504+$T$12/100)
N25: [W10] +M25*(1.0504+$T$12/100)
O25: +N25*(1.0504+$T$12/100)
P25: +O25*(1.0504+$T$12/100)
Q25: +P25*(1.0504+$T$12/100)
A26: 'Waste Fuel Price (Baht/KG)
H26: [W10] (1+$T$11/100+0.05)^(H15-$G$15+1)*0.459
I26: [W8] (1+$T$11/100+0.05)^(I15-$G$15+1)*0.459
J26: (1+$T$11/100+0.05)^(J15-$G$15+1)*0.459
K26: (1+$T$11/100+0.05)^(K15-$G$15+1)*0.459
L26: (1+$T$11/100+0.05)^(L15-$G$15+1)*0.459
M26: [W9] (1+$T$11/100+0.05)^(M15-$G$15+1)*0.459
N26: [W10] (1+$T$11/100+0.05)^(N15-$G$15+1)*0.459
O26: (1+$T$11/100+0.05)^(O15-$G$15+1)*0.459
P26: (1+$T$11/100+0.05)^(P15-$G$15+1)*0.459
```

```
Q26: (1+$T$11/100+0.05)^(Q15-$G$15+1)*0.459
A27: 'Fuel Oil Price (Baht/Litre)
H27: [W10] 3.25*(1.1183+H13/100)
I27: [W8] +H27*(1.1088+H13/100)
J27: +I27*(1.0483+$H$13/100)
K27: +J27*(1.0483+$H$13/100)
L27: +K27*(1.0483+$H$13/100)
M27: [W9] +L27*(1.0483+$H$13/100)
N27: [W10] +M27*(1.0483+$H$13/100)
O27: +N27*(1.0483+$H$13/100)
P27: +O27*(1.0483+$H$13/100)
Q27: +P27*(1.0483+$H$13/100)
A28: 'Electricity Displace From Utility (KWH)
H28: [W10] 904700
I28: [W8] 701400
J28: 841500
K28: 779300
L28: 856000
M28: [W9] 1111000
N28: [W10] 1074000
O28: 1127000
P28: 935300
Q28: 852600
A29: 'Electricity Export off Season (KWH)
H29: [W10] 5909000
I29: [W8] 6343000
J29: 6117000
K29: 6269000
L29: 6168000
M29: [W9] 5763000
N29: [W10] 5870000
O29: 5824000
P29: 6175000
Q29: 6337000
A32: 'Revenue
B33: 'Bagasse for Sale
H33: [W10] +H19*H23/$N$8/1000
I33: [W8] +I19*I23/$N$8/1000
J33: +J19*J23/$N$8/1000
K33: +K19*K23/$N$8/1000
L33: +L19*L23/$N$8/1000
M33: [W9] +M19*M23/$N$8/1000
N33: [W10] +N19*N23/$N$8/1000
O33: +O19*O23/$N$8/1000
P33: +P19*P23/$N$8/1000
Q33: +Q19*Q23/$N$8/1000
B34: 'Displace Electricity
H34: [W10] +H24*H28
I34: [W8] +I24*I28
J34: +J24*J28
K34: +K24*K28
L34: +L24*L28
M34: [W9] +M24*M28
N34: [W10] +N24*N28
O34: +O24*O28
P34: +P24*P28
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
Q34: +Q24*Q28
B35: 'Displace Fuel
H35: [W10] +H22*H27/$N$10
I35: [W8] +I22*I27/$N$10
J35: +J22*J27/$N$10
K35: +K22*K27/$N$10
L35: +L22*L27/$N$10
M35: [W9] +M22*M27/$N$10
N35: [W10] +N22*N27/$N$10
O35: +O22*O27/$N$10
P35: +P22*P27/$N$10
Q35: +Q22*Q27/$N$10
B36: 'Electricity Sold
H36: [W10] +H25*H18+$C$12*$H$6*1000
I36: [W8] +I25*I18+$C$12*$H$6*1000
J36: +J25*J18+$C$12*$H$6*1000
K36: +K25*K18+$C$12*$H$6*1000
L36: +L25*L18+$C$12*$H$6*1000
M36: [W9] +M25*M18+$C$12*$H$6*1000
N36: [W10] +N25*N18+$C$12*$H$6*1000
O36: +O25*O18+$C$12*$H$6*1000
P36: +P25*P18+$C$12*$H$6*1000
Q36: +Q25*Q18+$C$12*$H$6*1000
A37: 'Total Revenue
H37: [W10] +H34+H35+H36+H33
I37: [W8] +I34+I35+I36+I33
J37: +J34+J35+J36+J33
K37: +K34+K35+K36+K33
L37: +L34+L35+L36+L33
M37: [W9] +M34+M35+M36+M33
N37: [W10] +N34+N35+N36+N33
O37: +O34+O35+O36+O33
P37: +P34+P35+P36+P33
Q37: +Q34+Q35+Q36+Q33
A39: 'Expenses:
B41: 'Fuel
H41: [W10] +H21*H27/1000/$N$10+H26*H20/1000/$N$9
I41: [W8] +I21*I27/1000/$N$10+I26*I20/1000/$N$9
J41: +J21*J27/1000/$N$10+J26*J20/1000/$N$9
K41: +K21*K27/1000/$N$10+K26*K20/1000/$N$9
L41: +L21*L27/1000/$N$10+L26*L20/1000/$N$9
M41: [W9] +M21*M27/1000/$N$10+M26*M20/1000/$N$9
N41: [W10] +N21*N27/1000/$N$10+N26*N20/1000/$N$9
O41: +O21*O27/1000/$N$10+O26*O20/1000/$N$9
P41: +P21*P27/1000/$N$10+P26*P20/1000/$N$9
Q41: +Q21*Q27/1000/$N$10+Q26*Q20/1000/$N$9
B42: 'O&M Cost
H42: [W10] +$N$7*(1+$N$11/100)^(H$15-$H$15)
I42: [W8] +$N$7*(1+$N$11/100)^(I$15-$H$15)
J42: +$N$7*(1+$N$11/100)^(J$15-$H$15)
K42: +$N$7*(1+$N$11/100)^(K$15-$H$15)
L42: +$N$7*(1+$N$11/100)^(L$15-$H$15)
M42: [W9] +$N$7*(1+$N$11/100)^(M$15-$H$15)
N42: [W10] +$N$7*(1+$N$11/100)^(N$15-$H$15)
O42: +$N$7*(1+$N$11/100)^(O$15-$H$15)
P42: +$N$7*(1+$N$11/100)^(P$15-$H$15)
```

```
Q42: +$N$7*(1+$N$11/100)^(Q$15-$H$15)
B43: 'Loan + Interest
H43: [W10] @IF((H15-$G$15)<=$H$7,@PMT($C$7,$C$9/100,$H$7),0)
I43: [W8] @IF((I15-$G$15)<=$H$7,@PMT($C$7,$C$9/100,$H$7),0)
J43: @IF((J15-$G$15)<=$H$7,@PMT($C$7,$C$9/100,$H$7),0)
K43: @IF((K15-$G$15)<=$H$7,@PMT($C$7,$C$9/100,$H$7),0)
L43: @IF((L15-$G$15)<=$H$7,@PMT($C$7,$C$9/100,$H$7),0)
M43: [W9] @IF((M15-$G$15)<=$H$7,@PMT($C$7,$C$9/100,$H$7),0)
N43: [W10] @IF((N15-$G$15)<=$H$7,@PMT($C$7,$C$9/100,$H$7),0)
O43: @IF((O15-$G$15)<=$H$7,@PMT($C$7,$C$9/100,$H$7),0)
P43: @IF((P15-$G$15)<=$H$7,@PMT($C$7,$C$9/100,$H$7),0)
Q43: @IF((Q15-$G$15)<=$H$7,@PMT($C$7,$C$9/100,$H$7),0)
A44: 'Total Expenses:
G44: +C10
H44: [W10] +H41+H42+H43
I44: [W8] +I41+I42+I43
J44: +J41+J42+J43
K44: +K41+K42+K43
L44: +L41+L42+L43
M44: [W9] +M41+M42+M43
N44: [W10] +N41+N42+N43
O44: +O41+O42+O43
P44: +P41+P42+P43
Q44: +Q41+Q42+Q43
A46: 'Net Cash Flow(Before Tax):
G46: +G37-G44
H46: [W10] +H37-H44
I46: [W8] +I37-I44
J46: +J37-J44
K46: +K37-K44
L46: +L37-L44
M46: [W9] +M37-M44
N46: [W10] +N37-N44
O46: +O37-O44
P46: +P37-P44
Q46: +Q37-Q44
A48: 'Depreciation:
H48: [W10] @SLN($C$6,$C$8,$C$11)
I48: [W8] @SLN($C$6,$C$8,$C$11)
J48: @SLN($C$6,$C$8,$C$11)
K48: @SLN($C$6,$C$8,$C$11)
L48: @SLN($C$6,$C$8,$C$11)
M48: [W9] @SLN($C$6,$C$8,$C$11)
N48: [W10] @SLN($C$6,$C$8,$C$11)
O48: @SLN($C$6,$C$8,$C$11)
P48: @SLN($C$6,$C$8,$C$11)
Q48: @SLN($C$6,$C$8,$C$11)
A50: 'Book Value
H50: [W10] +$C$6-H$48
I50: [W8] +H50-I48
J50: +I50-J48
K50: +J50-K48
L50: +K50-L48
M50: [W9] +L50-M48
N50: [W10] +M50-N48
O50: +N50-O48
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
P50: +O50-P48
Q50: +P50-Q48
A52: 'Corporate Tax
H52: [W10] @IF(H46>0,(H46-H48)*$H$8/100,-H48*$H$8/100)
I52: [W8] @IF(I46>0,(I46-I48)*$H$8/100,-I48*$H$8/100)
J52: @IF(J46>0,(J46-J48)*$H$8/100,-J48*$H$8/100)
K52: @IF(K46>0,(K46-K48)*$H$8/100,-K48*$H$8/100)
L52: @IF(L46>0,(L46-L48)*$H$8/100,-L48*$H$8/100)
M52: [W9] @IF(M46>0,(M46-M48)*$H$8/100,-M48*$H$8/100)
N52: [W10] @IF(N46>0,(N46-N48)*$H$8/100,-N48*$H$8/100)
O52: @IF(O46>0,(O46-O48)*$H$8/100,-O48*$H$8/100)
P52: @IF(P46>0,(P46-P48)*$H$8/100,-P48*$H$8/100)
Q52: @IF(Q46>0,(Q46-Q48)*$H$8/100,-Q48*$H$8/100)
A54: 'Net Cash Flow (After Tax):
G54: +G46-G52
H54: [W10] @IF(H52<0,H46,H46-H52)
I54: [W8] @IF(I52<0,I46,I46-I52)
J54: @IF(J52<0,J46,J46-J52)
K54: @IF(K52<0,K46,K46-K52)
L54: @IF(L52<0,L46,L46-L52)
M54: [W9] @IF(M52<0,M46,M46-M52)
N54: [W10] @IF(N52<0,N46,N46-N52)
O54: @IF(O52<0,O46,O46-O52)
P54: @IF(P52<0,P46,P46-P52)
Q54: @IF(Q52<0,Q46+Q50,Q46-Q52+Q50)
A56: 'Cumulative Cash Flow
G56: +G54
H56: [W10] +G56+H54
I56: [W8] +H56+I54
J56: +I56+J54
K56: +J56+K54
L56: +K56+L54
M56: [W9] +L56+M54
N56: [W10] +M56+N54
O56: +N56+O54
P56: +O56+P54
Q56: +P56+Q54
H57: [W10] "<2
I57: [W8] "<3
J57: "<4
K57: "<5
L57: "<6
M57: [W9] "<7
N57: [W10] "<8
O57: "<9
P57: "<10
Q57: '
A60: 'Simple Payback Period
E60: @IF($H$56>0,@NA,@IF($H$56=0,@NA,@IF(@HLOOKUP(0,H56..P57,1)>10,">10",@HLOOKUP(0,H56..P57,1))))
F60: 'Years
H60: [W10] 'Net present Value
K60: +G54+@NPV($H$10/100,H54..Q54)
L60: 'Baht
A61: 'Internal Rate of Return (IRR)
E61: @IRR(K61/100,G54..Q54)*100
F61: '%
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
H61: [W10] 'Internal IRR Guess
K61: 800
L61: '%
```


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์เชิงเทคนิคระบบกังหันไอน้ำ

ภาคผนวกนี้กล่าวถึงวงจรไอน้ำแรงคิน วงจรไอน้ำรีเจนเนอเรทีฟ ระบบกังหันไอน้ำในโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง (กังหันไอน้ำแบบ Back Pressure) ในเชิงเทคนิครวมถึงการนำระบบโคเยนเนอเรชั่นซึ่งใช้กังหันไอน้ำแบบ Extraction Condensing มาวิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้ด้วย

วงจรไอน้ำ (Cycle)

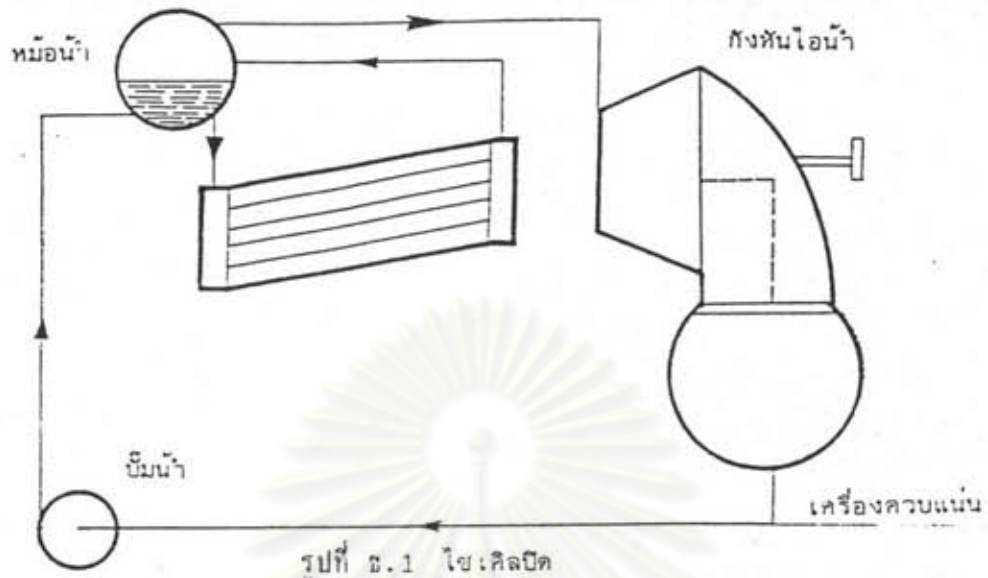
จุดประสงค์ของการสร้างวงจรกำลังไอ ก็เพื่อที่จะเปลี่ยนพลังงานความร้อนออกมาในรูปของพลังงานกล ภายในวงจรมีสารตัวกลางเรียกว่าของไหลใช้ทำงาน (working substance หรือ working fluid) เป็นตัวส่งถ่ายพลังงาน เมื่ออุณหภูมิสูงของไหลใช้ทำงานก็จะขยายตัวขึ้นหลังจากทำงานแล้วก็จะเย็นตัวลง ในวงจรกำลังไอส่วนใหญ่จะใช้น้ำ (ในสภาวะต่าง ๆ) เป็นของไหลใช้ทำงาน

วงจรกำลังไอแบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ กล่าวคือ วงจรปิด(closed cycle) และวงจรเปิด (open cycle) สำหรับวงจรปิดนั้นมวลของของไหลใช้ทำงานจะวิ่งวนจนครบวงจรแล้วก็เริ่มเข้าวงจรต่อไป ตัวอย่างเช่น โรงจักรพลังไอน้ำโดยทั่วไป ซึ่งน้ำภายในหม้อน้ำ (boiler) จะถูกต้มจนกลายเป็นไอแล้วผ่านเข้ากังหันไอน้ำ จากนั้นไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นน้ำในเครื่องควบแน่น แล้วถูกปั๊มเข้าหม้อน้ำต้มไป ดังรูป ข.1

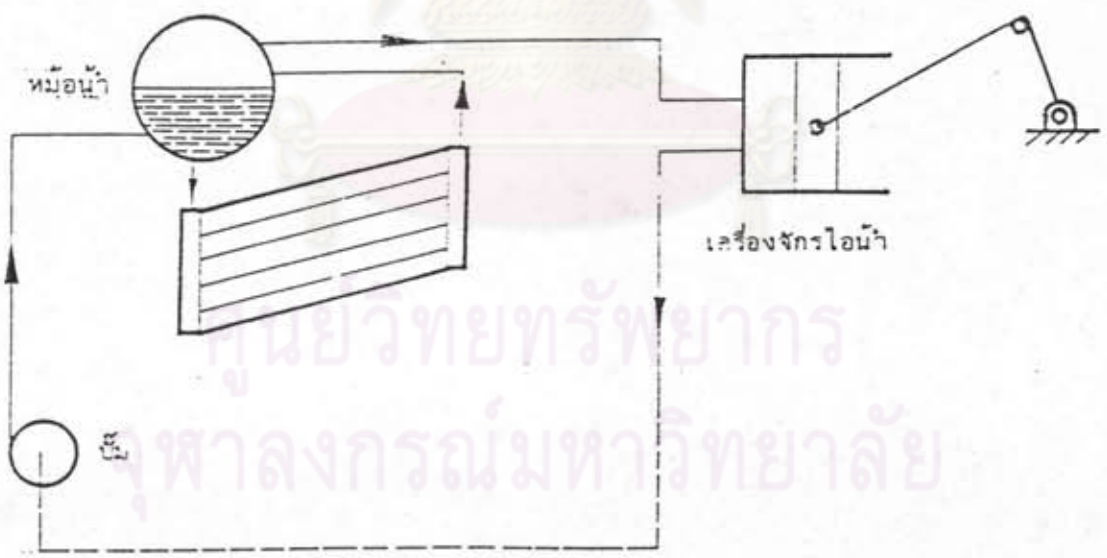
สำหรับวงจรเปิดนั้นเป็นวงจรที่ครบวงจรภายนอกโรงจักรพลังไอน้ำเช่น รถจักรไอน้ำ กล่าวคือ น้ำจะถูกเผาในหม้อน้ำเกิดไอน้ำ หลังจากที่ทำงานแล้วจะคายออกมาสู่บรรยากาศ (ดังรูป ข.2)

แรงคินไซเคิล (Rankine Cycle)

ในการพิจารณาสมรรถนะของเครื่องจักรจริงนั้น มักจะเทียบกับสมรรถนะของเครื่อง



รูปที่ ฆ.1 ไซเคิลปิด



รูปที่ ฆ.2 ไซเคิลเปิด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จักรที่วิเคราะห์ได้ทางทฤษฎี (ideal cycle) ในกรณีของเครื่องจักรพลังไอน้ำนั้นใช้แรงคินไซเคิลเป็นตัวเทียบ ซึ่งมีลักษณะโดยทั่วไปดังรูป ข.3

เริ่มต้นจากน้ำที่ออกมาจากเครื่องควบแน่น ซึ่งมีความดันและอุณหภูมิต่ำ(สภาวะ 1) ซึ่งจะต้องถูกปั๊มให้มีความดันสูงพอที่จะส่งเข้าหม้อน้ำ (สภาวะ 2)จากนั้นน้ำจะถูกให้เป็นน้ำอิ่มตัว (Saturated water) (สภาวะ 3) แล้วถูกเผาจนเป็นไอน้ำอิ่มตัว (Saturated steam) (สภาวะ 4) ไอน้ำจะผ่านกังหันไอน้ำและคายพลังออกมา ขณะนี้ไอน้ำจะมีความดันและอุณหภูมิต่ำและมีความชื้นมากเรียกว่า ไอน้ำเปียก (Wet Steam) (สภาวะ 5) เมื่อผ่านเข้าเครื่องควบแน่นก็จะถูกหล่อเย็นด้วยน้ำ ทำให้ไอน้ำกลั่นตัวจนหมด (สภาวะ 1) จากนั้นจะถูกปั๊มเข้าหม้อน้ำต่อไป

ปกตินิยมเขียนไดอะแกรมของอุณหภูมิ - เอนโทรปีจำเพาะ (T-S)และไดอาแกรมของเอนธาลปีจำเพาะ - เอนโทรปีจำเพาะ (h-s) ของวงจรข้างบนสำหรับการคำนวณนั้น จะพิจารณาเป็นช่วง ๆ ดังนี้

ปั๊ม

สภาวะ (1) เป็นน้ำอิ่มตัว (Saturated water) สภาวะ (2)เป็นน้ำเย็นเยือก (Subcooled water) ที่มีความดันสูงกว่า

ในกรณีที่พิจารณาว่า ความเร็วและความสูงของตำแหน่ง (1)และ(2)ไม่ต่างกันมากนัก จะได้

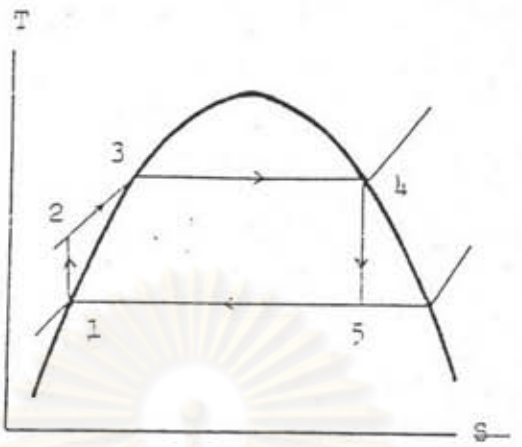
จากสมการพลังงานที่ไหลโดยสม่ำเสมอ (Steady Flow Energy Equation, S.F.E.E)

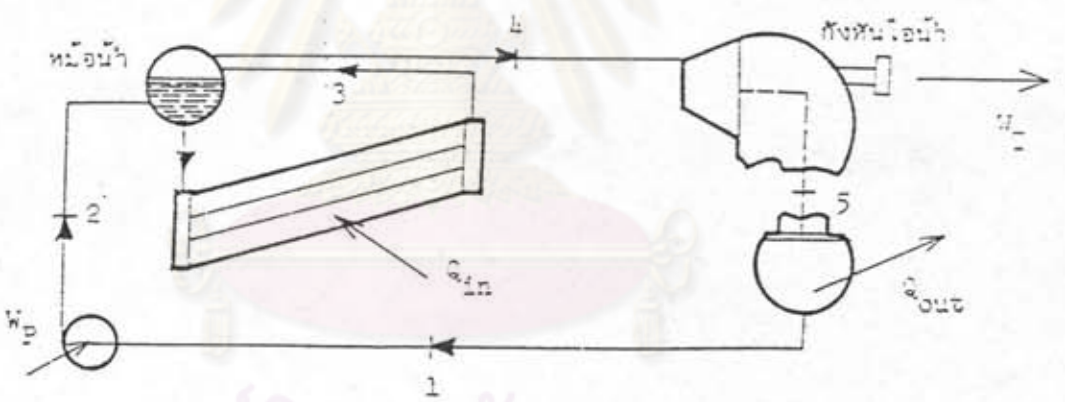
$$q - w = h_2 - h_1$$

$$w_{12} = -(h_2 - h_1)$$

เนื่องจากถือว่าเป็นระบบไอเซนโทรปิคและน้ำเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้อยมาก เมื่อความดันเปลี่ยน

$$h_2 - h_1 = v_f (p_2 - p_1)$$





รูปที่ ข.3 แรงดันไอเดิล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้น $w_{12} = -v_f (P_2 - P_1)$

หรือ $w_p = -w_{12} = v_f (P_2 - P_1)$ --------(1)

หม้อน้ำ

น้ำจากสภาวะ (2) ได้รับความร้อนจนเป็นน้ำอิ่มตัวที่สภาวะ (3) และเป็นไอน้ำอิ่มตัวที่สภาวะ (4)* จาก SFEE

$$q_{24} = h_4 - h_2$$

หรือ $q_{in} = h_4 - h_2$ ----------(2)

กังหันไอน้ำ

ไอน้ำจากจุด (4) ผ่านกังหันไอน้ำและไอน้ำเปลี่ยนเป็นไอน้ำเปียกสภาวะที่ (5) จาก SFEE

$$w_{45} = -(h_5 - h_4)$$

$$w_T = h_4 - h_5$$ ----------(3)

เครื่องควบแน่น

ช่วงที่ผ่านเครื่องควบแน่นจากสภาวะ (5) กลายเป็นน้ำอิ่มตัวสภาวะ(1) จาก SFEE

$$q_{51} = h_1 - h_5$$

$$q_{out} = h_5 - h_1$$ ----------(4)

สรุป

งานสุทธิ $W_{net} = m(w_T - w_p)$----------(5)

ความร้อนที่ให้แก่หม้อน้ำ $Q_{in} = m\, q_{24} = m\, q_{in}$ -------(6)

ประสิทธิภาพของไซเคิล เป็นอัตราส่วนระหว่างงานที่ได้ออกมาสุทธิต่อประมาณความร้อนที่ใช้ใน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การต้มน้ำ

$$n = \frac{\breve{}_{net}}{\circ_{in}} \quad \text{----------(7)}$$

ค่าความสิ้นเปลืองไอน้ำจำเพาะ (Specific steam consumption, S.C.C.)เป็นตัวเลขแสดงมวลของไอน้ำต่อหน่วยของงานที่ทำได้ ซึ่งปกติอยู่ในรูปของ kg/kW.h

$$S.S.C. = \frac{1 \quad (kg \times kJ \times 3600\ (s)}{\breve{}_{net}\ kJ \quad kW.s \qquad h}$$

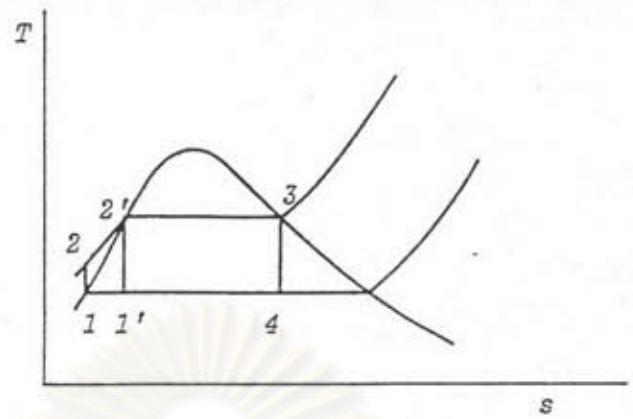
$$S.S.C. = \frac{3600}{\breve{}_{net}} \quad \frac{kg}{kw.h} \quad \text{----------(8)}$$

S.S.C. เป็นตัวเลขเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบพลังไอน้ำขนาดต่าง ๆ กัน ซึ่งโดยปกติแล้วขนาดของโรงจักรนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนไอน้ำที่หม้อน้ำทำออกมาได้ดังนั้น ถ้าตัวเลข S.S.C. น้อยกว่าโรงจักรนั้นจะทำงานได้ดีกว่า

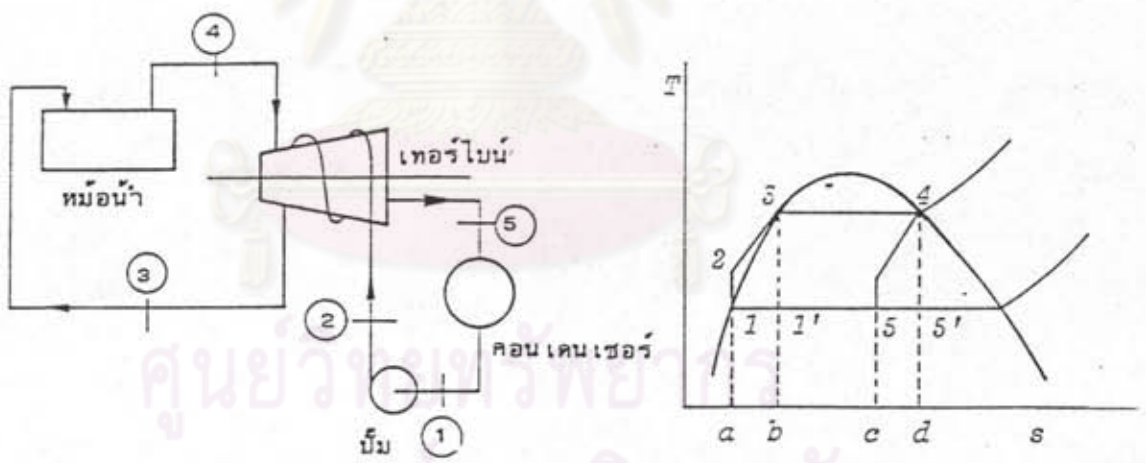
วงจรรีเธเนอเรเตอร์ (Regenerative Cycle)

วงจรนี้เกี่ยวข้องกับน้ำเลี้ยง กล่าวคือ น้ำเลี้ยงที่เข้าหม้อน้ำ ถ้ามีอุณหภูมิสูงก็จะช่วยประหยัดความร้อนจากเตา ตามแนวความคิดครั้งแรกนั้น ให้เอาน้ำเลี้ยงก่อนที่จะผ่านเข้าหม้อน้ำให้ผ่านตัวเทอร์ไบน์รอบนอกเสียก่อน ให้ทิศทางการไหลของน้ำเลี้ยงสวนกันกับการไหลของไอน้ำในเทอร์ไบน์ ความร้อนจากไอน้ำจะถ่ายเทให้กับน้ำเลี้ยง ปัญหานี้ถ้าจะถามว่า ทำไมจึงไม่เอาไอน้ำที่ออกจากเทอร์ไบน์ (ไอเสีย)เข้าหม้อน้ำเลย คำตอบก็คือ ความดันของไอน้ำที่ออกจากเทอร์ไบน์ไม่มากพอที่จะดันเข้าหม้อน้ำได้ จำเป็นต้องมีปั๊ม งานที่ใช้ในการปั๊มของเหลวต่างกันมาก ถ้าปั๊มไอจะเสียพลังงานมาก เป็นการสิ้นเปลืองมากกว่า เขาจึงไม่ทำกัน

ในวงจรแรงคิน รูปที่ ข.4 ให้ไอน้ำอิ่มตัวเข้าเทอร์ไบน์ ในกระบวนการระหว่าง 2-2 น้ำได้รับความร้อนขณะที่ยังเป็นของเหลว อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในช่วงนี้ต่ำมาก และ ต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำกำลังกลายเป็นไอ 2-3 ซึ่งทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของความร้อนที่เข้าวงจรแรงคิน ต่ำกว่าของวงจรคาร์โนท์ (1-2-3-4-1) ดังนั้นประสิทธิภาพของวงจรแรงคินจึงต่ำกว่าของคาร์โนท์ ในวงจรรีเธเนอเรเตอร์ น้ำเข้าหม้อน้ำที่จุดใดจุดหนึ่งระหว่าง 2-2 นั่นก็คือ อุณหภูมิเฉลี่ย



รูปที่ ข.4 เปรียบเทียบวงจรคาร์โนท์และวงจรแรงคิน



รูปที่ ข.5 วงจรรีเยเนอเรเตอร์ทางทฤษฎี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

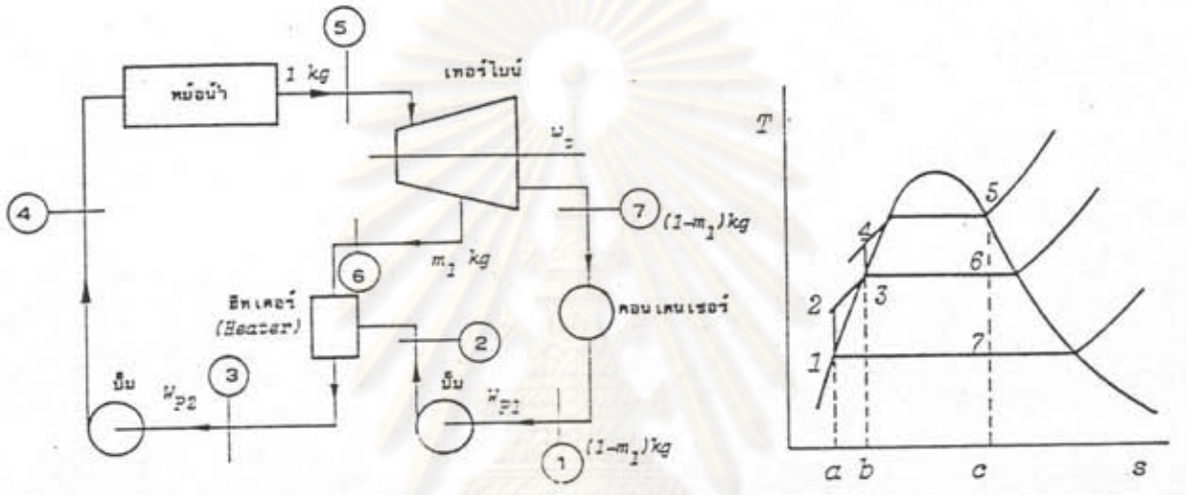
ของความร้อนเข้าวงจรสูงกว่าเดิม

ลองพิจารณาการเคลื่อนที่ของความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะหนึ่งโดยทันทีทันใด (กระบวนการถ่ายเทความร้อนรีเวอร์ซิเบิล) ที่ทุก ๆ จุดอุณหภูมิของไอน้ำจะสูงกว่าอุณหภูมิของของเหลวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในกรณีนี้เส้น 4-5 บน T-s ไดอะแกรมของรูปที่ ข.5 จะแทนสถานภาพของไอน้ำไหลผ่านเทอร์ไบน์ซึ่งจะต้องเหมือนกันหรือขนานกันกับเส้น 1-2-3 ซึ่งแทนกระบวนการปั๊ม (1-2) และแทนสถานภาพของน้ำเหลวไหลรอบ ๆ ตัวเทอร์ไบน์ ผลที่ติดตามมาก็คือ พื้นที่ 2-3-b-a-2 และพื้นที่ 5-4-d-c-5 นอกจากจะเท่ากันแล้วยังเหมือนกันอีกด้วย และพื้นที่ทั้งสองนี้แทนความร้อนไหลเข้าสู่น้ำเหลว และออกจากไอน้ำตามลำดับ และจะทราบด้วยว่าความร้อนไหลเข้าสู่น้ำเหลว และออกจากไอน้ำตามลำดับ และจะทราบด้วยว่าความร้อนไหลเข้าสู่น้ำที่อุณหภูมิคงที่ในกระบวนการ 3-4 แทนด้วยพื้นที่ 3-4-d-b-1 ซึ่งเป็นความร้อนถ่ายออกของวงจรคาร์โนท์ 1-3-4-5-1 ดังนั้น วงจรรีเยเนอเรเตอร์ทางทฤษฎีจะมีประสิทธิภาพเท่ากันกับของวงจรคาร์โนท์โดยมีอุณหภูมิของความร้อนเข้าและของความร้อนออกเหมือนกัน

ตามแนวความคิดครั้งแรกนี้ มีสิ่งบกพร่องหลายอย่างที่เอาไปใช้ในภาคปฏิบัติไม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการถ่ายเทความร้อนจากไอน้ำเข้าสู่น้ำเหลวจะให้ได้ผลเช่นนั้นเป็นไปไม่ได้เลย และประการที่สำคัญต่อมาคือ ความชื้นของไอน้ำที่ออกจากเทอร์ไบน์สูงมาก (อันผลเนื่องมาจากความร้อนถูกดูดเข้าไปในน้ำเลี้ยงมาก) ผลเสียของความชื้นที่มีต่อเทอร์ไบน์ได้ดังกล่าวมาแล้วในตอนต้น

วงจรรีเยเนอเรเตอร์ในทางปฏิบัติจึงต้องมีการดัดแปลงกล่าวคือ แทนที่จะใช้การถ่ายเทความร้อนจากไอน้ำมาให้น้ำเหลว กลับใช้วิธีการสกัดเอาไอน้ำบางส่วนบางตอนออกมาผสมกับน้ำเลี้ยงโดยตรงแล้วจึงปั๊มเข้าหม้อน้ำต่อไป ในรูปที่ ข.6สมมติให้เทอร์ไบน์เครื่องนี้เดินด้วยไอน้ำอิ่มตัว ไอน้ำเข้าเครื่องที่สถานภาพ 5 เมื่อเอาไปหมุนเทอร์ไบน์จนถึงจุดที่ 6 แล้ว สกัดเอาไอน้ำออกมาเป็นบางส่วน ไอน้ำที่เหลือจะไปหมุนเทอร์ไบน์ชุดที่เหลือต่อไปจนถึงจุด 7 หลังจากนั้นก็ไปเข้าคอนเดนเซอร์น้ำเหลวที่ออกจากคอนเดนเซอร์ก็จะถูกปั๊มให้ไปเข้าที่ผสม ซึ่งเรียกว่าฮีทเตอร์(Heater) ส่วนไอน้ำที่สกัดออกมาก็จะมาเข้าฮีทเตอร์นี้เช่นเดียวกัน อัตราส่วนของไอน้ำกับน้ำเหลวนี้จะพอดีกันกับที่ทำให้ส่วนผสมเป็นของเหลวอิ่มตัวที่จุด 3 จงสังเกตด้วยว่า ปั๊มตัวที่ 1 จะมีความดันประมาณเท่ากันกับความดันของไอน้ำที่สถานภาพ 6 ปั๊มตัวที่ 2 จำเป็นต้องมีความดันเท่ากับความดันของหม้อน้ำหรือสูงกว่าเล็กน้อย

เนื่องจากมวลไหลผ่านจุดต่าง ๆ ไม่เท่ากัน จึงเป็นการยากที่จะแสดงปริมาณการไหลของมวลใน T-s ไดอะแกรม ดังนั้น รูปที่ ข.6 T-s ไดอะแกรมจึงเป็นการแสดงสถานภาพของสารตัวงานเท่านั้น พื้นที่ 4-5-c-b-4 แทนความร้อนไหลเข้าสารตัวงานต่อ



รูปที่ ข.6 วงจรรีเยเนอเรเตอร์ที่ใช้ไอน้ำผสมน้ำเหลว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หนึ่งกิโลกรัม กระบวนการ 7-1 คือ ความร้อนออกจากน้ำแต่เนื่องจากไอน้ำไม่ได้ผ่านคอนเดนเซอร์ทั้งหมด พื้นที่ 1-7-c-a-1 แทนความร้อนต่อกิโลกรัมของสารตัวงานที่ไหลผ่านคอนเดนเซอร์ แต่จะไม่แทนความร้อนต่อกิโลกรัมของสารตัวงานที่ไหลผ่านเทอร์ไบน์

การถ่ายแทความร้อนโดยวิธีสกัดเอาไอน้ำออกมาจากเทอร์ไบน์นั้นมี 2ระบบ ระบบแรกเรียกว่า ระบบปิด (Closed heater) ไอน้ำที่สกัดออกมาจะไม่ผสมกับน้ำเลี้ยง จะอยู่ในภาชนะหรือในท่อแล้วมีน้ำเลี้ยงไหลผ่าน ความร้อนจากไอน้ำจะถ่ายลงน้ำเลี้ยง จนในที่สุดตัวเองกลายเป็นของเหลวอิ่มตัว และในขณะเดียวกัน น้ำเลี้ยงก็มีอุณหภูมิสูงขึ้นและในที่สุดก็เป็นของเหลวอิ่มตัวเช่นเดียวกัน น้ำทั้งสองนี้จะมารวมกันและส่งเข้าหม้อน้ำต่อไป

ส่วนอีกระบบหนึ่งเป็นระบบเปิด เอาไอน้ำและน้ำเลี้ยงเข้าผสมกันโดยตรงในฮีทเตอร์โดยอัตราส่วนที่ทำให้ส่วนผสมเป็นของเหลวอิ่มตัวพอดี วิธีนี้จะดีกว่าวิธีแรกในเรื่องของการกระจายความร้อนและราคา

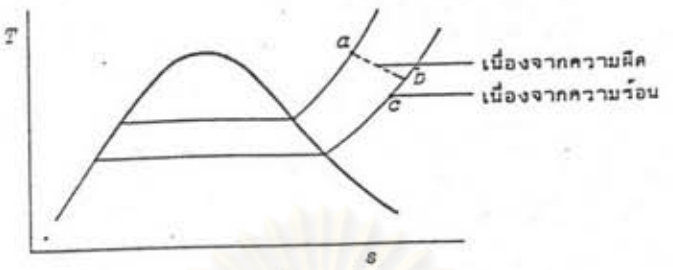
ข้อดีของวิธีสกัดไอน้ำนี้อยู่ที่อุณหภูมิเฉลี่ยของความร้อนเข้าสูงขึ้น แต่ข้อเสียอยู่ที่ต้องใช้ปั๊มหลายตัว ต้องมีฮีทเตอร์และท่อทางเดินพร้อมทั้งอุปกรณ์อื่น ๆ เครื่องเทอร์ไบน์บางเครื่องอาจสกัดเอาไอน้ำออกมาจากตัวเทอร์ไบน์หลาย ๆ แห่งก็ได้แต่มักจะไม่เกิน 5 แห่ง ทั้งนี้เกี่ยวกับการลงทุนสูง จำนวนแห่งที่สกัดมากเท่าใดประสิทธิภาพของวงจรก็ใกล้ที่จะเป็นวงจรรีเจเนอเรเตอร์ทางทฤษฎีมากขึ้นเท่านั้น(รูปที่ ข.5) เพราะว่าน้ำเลี้ยงเข้าหม้อน้ำที่ความดันสูงสุดเป็นน้ำเหลวอิ่มตัว

ความผิดเพี้ยนของวงจรจริงกับวงจรทางทฤษฎี

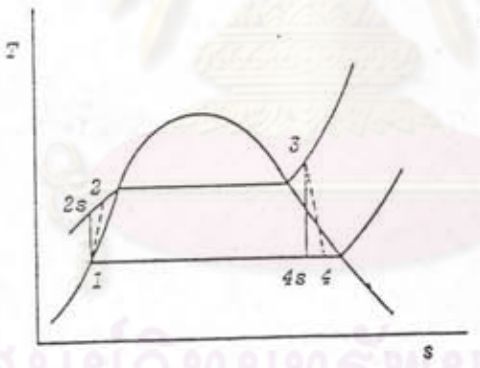
สาเหตุที่ทำให้เกิดผิดเพี้ยนก็คือ การสูญเสียพลังงานไปในทางต่าง ๆที่สำคัญ ๆ ได้แก่ ในท่อทางเดิน ที่ตัวเทอร์ไบน์ ที่ปั๊ม และที่คอนเดนเซอร์ ส่วนพลังงานที่สูญเสียไปในกาเผาไหม้จะยังไม่ขอกล่าวในที่นี้

ก. การสูญเสียพลังงานในท่อทางเดิน

ความดันตกเนื่องจากความผิดในท่อ และความร้อนออกจากท่อสู่สิ่งแวดล้อมเป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำการสูญเสียพลังงานความร้อนในท่อ พิจารณาท่อที่ต่อระหว่างหม้อน้ำกับเทอร์ไบน์ (รูปที่ ข.7) ถ้ามีการสูญเสียพลังงานไปในทางความผิดแต่อย่างเดียว จุด a ก็จะแทนสถานภาพของไอน้ำออกจากหม้อน้ำ และจุด b จะแทนสถานภาพของไอน้ำเข้าเทอร์ไบน์ และถ้ามีการสูญเสียความร้อนที่ความดันคงที่ตัวยอุณหภูมิของสารตัวงานก็จะลดลงจาก b มา c ดังนั้นเส้น bc จึงแทนความร้อนศูนย์ จงสังเกตด้วยว่า ความผิดทำให้เอนโทรปี้เพิ่มขึ้น และความร้อน



รูปที่ ข.7 แสดงการสูญเสียพลังงานไปในท่อทางเดินระหว่างเทอร์ไบน์และหม้อน้ำ



รูปที่ ข.8 แสดงการสูญเสียพลังงานในเทอร์ไบน์และในปั๊ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทำให้เอนโทรปี้ลดลง ดังแสดงในรูปที่ ข.7 ทั้งความดกและความร้อนศูนย์ทำให้อะเวบิลิตี้ของไอน้ำที่จะเข้าเทอร์ไบน์ลดลง

ความดันตกในหม้อน้ำก็เกิดได้เช่นกัน เพราะว่า ปั๊มที่ส่งน้ำเสียงเข้าหม้อน้ำ จะต้องส่งด้วยความดันที่สูงกว่าความดันของไอน้ำที่ออกจากหม้อน้ำ

ข. การสูญเสียพลังงานที่เทอร์ไบน์

การสูญเสียพลังงานที่เทอร์ไบน์ส่วนใหญ่เกิดจากการไหลของสารตัวงานผ่านเทอร์ไบน์สำหรับการสูญเสียทางความร้อนเป็นเรื่องรอง ผลที่ได้รับก็เช่นเดียวกันกับการสูญเสียพลังงานในท่อทางเดินดังได้อธิบายแล้ว ในรูปที่ ข.8 ที่จุด 4s แทนสถานภาพที่ไอน้ำขยายตัวแล้วในเทอร์ไบน์ตามกระบวนการไอเซนทรอปิค(Isentropic process) ที่จุด 4 แทนสถานภาพจริงของไอน้ำที่ออกจากเทอร์ไบน์ประสิทธิภาพของเทอร์ไบน์คิดได้จาก

$$\eta_t = \frac{W_t}{h_3 - h_{4s}} \qquad \text{----------(9)}$$

ค. การสูญเสียพลังงานในปั๊ม

พลังงานศูนย์ในปั๊มก็คล้ายกับในเทอร์ไบน์ ส่วนใหญ่เกี่ยวกับเออร์รีเวอร์ซิบิลิตี้ในการไหลของเหลว ความร้อนศูนย์เป็นเรื่องรอง ประสิทธิภาพของปั๊มคิดได้จาก

$$\eta_p = \frac{h_{2s} - h_1}{W_p} \qquad \text{----------(10)}$$

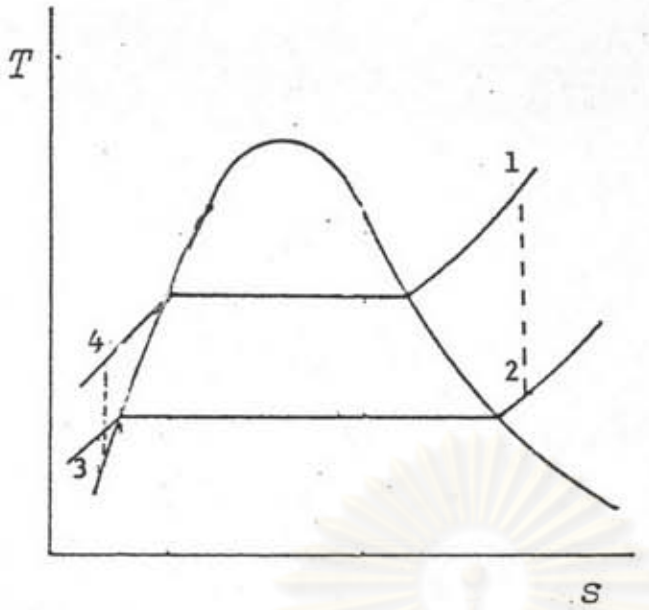
ในที่นี้ W_p เป็นงานจริงที่ให้กับปั๊มต่อหนึ่งกิโลกรัมของของไหล

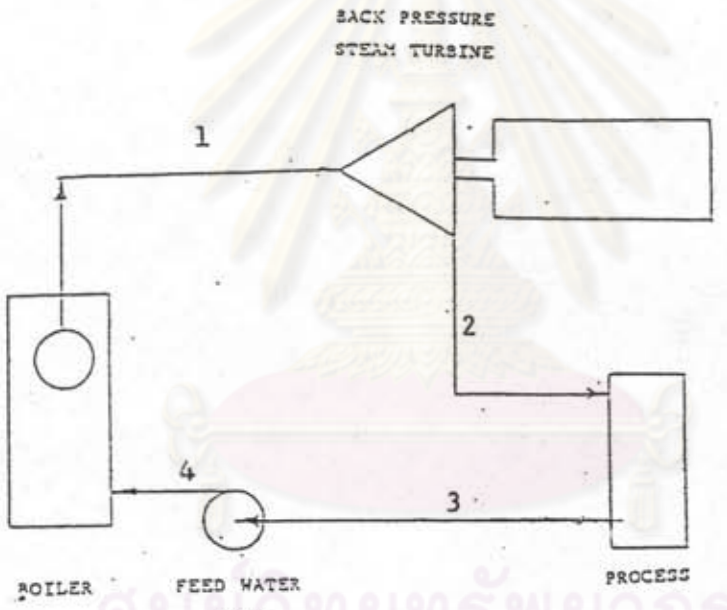
ง. การสูญเสียพลังงานในคอนเดนเซอร์

การสูญเสียพลังงานในคอนเดนเซอร์ โดยทั่ว ๆ ไปแล้วมีค่าน้อยมาก พลังงานศูนย์เหล่านี้ได้แก่ การทำให้เย็นต่ำกว่าอุณหภูมิอิ่มตัวของของเหลวที่ออกจากคอนเดนเซอร์ ทั้งนี้เพราะว่าจะต้องเอาความร้อนออกจากน้ำเพื่อให้อุณหภูมินั้น ๆ

ระบบโคเจนเนอเรชั่น ที่ใช้กังหันไอน้ำแบบ Back Pressure

การวิเคราะห์รูปแบบโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ ซึ่งใช้กังหันไอน้ำแบบ Back Pressure





ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ข.9 ระบบโคเจนเนอเรชั่นที่ใช้กังหันไอน้ำแบบ Backpressure ของโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง

อยู่บนพื้นฐานวงจรไอน้ำแรงดัน ซึ่งประกอบด้วยหม้อไอน้ำ ซึ่งเผาไหม้ โดยใช้กากอ้อยเป็นหลัก และกังหันไอน้ำแบบ Back Pressure แผนผังการไหลของวงจรไอน้ำของโรงงานน้ำตาล ตัวอย่างแสดงดังรูป ข.9

ไอน้ำแรงดันปานกลางถูกผลิตจากหม้อไอน้ำ (1) และถูกส่งไปยังกังหันไอน้ำ เพื่อผลิตไฟฟ้าและพลังงานกล ไอน้ำที่ออกจากกังหันไอน้ำ (2) จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิต ไอน้ำออกจากกระบวนการผลิต (3) จะถูกส่งไปเข้าปั๊มหม้อไอน้ำ เพื่อส่งเข้าหม้อไอน้ำ (4) ต่อไป

การวิเคราะห์เชิงเทคนิคของวงจรไอน้ำแรงดันที่ใช้กังหันไอน้ำแบบ Back Pressure

การศึกษาในส่วนนี้จะกล่าวถึงการประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคของวงจรไอน้ำแรงดันที่ใช้กังหันไอน้ำแบบ Back Pressure ซึ่งข้อมูลและตัวแปรต่างๆ มีดังนี้

ข้อมูล

H_b = ค่าความร้อนของกากอ้อย (MJ/KG)

H_{fo} = ค่าความร้อนของน้ำมันเตา (MJ/KG)

D_b = การบริโภคกากอ้อย (KG)

D_{fo} = การบริโภคน้ำมันเตา (ลิตร)

ST_{sp} = ปริมาณไอน้ำที่ผลิตทั้งหมด (KG)

ST_{op} = ปริมาณการใช้ไอน้ำสำหรับเทอร์ไบน์ไฟฟ้า (%)

E_p = พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (KWH)

E_b = พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (KWH)

TC = ปริมาณอ้อยเข้าหีบ (TON)

T_7 = อุณหภูมิไอน้ำเข้าหม้อไอน้ำ (C)

P_1 = ความดันไอน้ำออกจากหม้อไอน้ำ (KPa)

T_1 = อุณหภูมิไอน้ำออกจากหม้อไอน้ำ (C)

h_1 = เอนทาลปี้ไอน้ำออกจากหม้อไอน้ำ (KJ/KG)

h_7 = เอนทาลปี้ไอน้ำเข้าหม้อไอน้ำ (KJ/KG)

TCC_i = อัตราการหีบห้อยในปีที่ i (TON)

THR_i = จำนวนชั่วโมงหีบอ้อยในปีที่ i (TON/HR.)

$KWMAX\text{-}ON_i$ = ปริมาณไฟฟ้าเพื่อส่งออกในฤดูหีบปีที่ i (KW)

$KWMAX\text{-}OFF_i$ = ปริมาณไฟฟ้าเพื่อส่งออกนอกฤดูหีบปีที่ i (KW)

BAV_i = ปริมาณกากอ้อยในปีที่ i (TON)

FOR = การใช้น้ำมันเตา (% ของเชื้อเพลิงทั้งหมด)

ED = การทดแทนไฟฟ้า (% ของไฟฟ้าจากการไฟฟ้า)

EU = ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า (% ของไฟฟ้าผลิตใช้เอง)

EU_{on} = ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในฤดูหีบ (% ของไฟฟ้าจากการไฟฟ้า)

<u>ตัวแปรต่างๆ</u>

EFF_b = ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ (%)

STCR = อัตราไอน้ำที่ใช้ต่อตันอ้อย (KG/TC)

ESTR = อัตราไฟฟ้าต่อไอน้ำ (KWH/KG)

EE_{on} = ปริมาณไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายในฤดูหีบ (KWH)

EE_{off} = ปริมาณไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายนอกฤดูหีบ (KWH)

EET = ปริมาณไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายทั้งหมด (KWH)

STU_{on} = ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในฤดูหีบ (KG/HR.)

STU_{off} = ปริมาณไอน้ำที่ใช้นอกฤดูหีบ (KG/HR.)

$FUEL_{on}$ = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในฤดูหีบ (KJ)

$FUEL_{off}$ = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้นอกฤดูหีบ (KJ)

TTFUEL = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมด (KJ)

WASTFUL = ปริมาณเศษอ้อยที่ใช้ (KJ)

ECR = อัตราไฟฟ้าต่อตันอ้อย (KWH/TC)

KW_{on} = กำลังไฟฟ้าในช่วงฤดูหีบ (KW)

KW_{off} = กำลังไฟฟ้านอกช่วงฤดูหีบ (KW)

FODISP = การทดแทนน้ำมันเตา (LITRE)

<u>การวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าโดยระบบโคเจนเนอเรชั่นที่ใช้กังหันไอน้ำแบบ Back Pressure ในแต่ละปี</u>

ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ (EFF_b), %

= การเปลี่ยนค่าเอนทาลปีของระบบ (น้ำ)/ผลรวมความร้อนเข้า

$= (h_1-h_7)*ST_{tb}/(D_b*H_b+D_{fo}*H_{fo})/10^3$ (1)

อัตราไอน้ำที่ใช้ต่อตันอ้อย (STCR), KG/TC

$= ST_{tb}/TC$ (2)

อัตราไฟฟ้าต่อไอน้ำ (ESTR), KWH/KG

$= E_b/(ST_{tb}*ST_{eb}/100)$ (3)

อัตราไฟฟ้าต่อตันอ้อย (ECR), KWH/TON

$= E_b/TC$ (4)

ปริมาณไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายในฤดูหีบ (EE_{on}), KWH

$= KWMAX\text{-}ON_i * TCC_i/THR_i$ (5)

ปริมาณไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายนอกฤดูหีบ (EE_{off}), KWH

$= KWMAX\text{-}OFF_i*(7680-TCC_i/THR_i)$ (6)

ปริมาณไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายทั้งหมด (EET), KWH

$= EE_{off}+EE_{on}$ (7)

ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในฤดูหีบ (STU_{on}), KG/HR

$= ((EDISP*EU_{on}/100+EE_{on})/ESTR+STCR*TCC_i)/(TCC_i/THR_i)$ (8)

ปริมาณไอน้ำที่ใช้นอกฤดูหีบ (STU_{off}), KG/HR.

$= ((EDISP*(1-EU_{on}/100)+EE_{off})/ESTR)/(7680-TCC_i/THR_i)$ (9)

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในฤดูหีบ ($FUEL_{on}$), KJ

$= (h_1-h_7)*STU_{on}*(TCC_i/THR_i)/(EFF_b/100)$ (10)

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้นอกฤดูหีบ ($FUEL_{off}$), KJ

$= (h_1-h_7)*STU_{off}*(7680-TCC_i/THR_i)/(EFF_b/100)$ (11)

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมด (TTFUEL), KJ

$= FULE_{on}+FUEL_{off}$ (12)

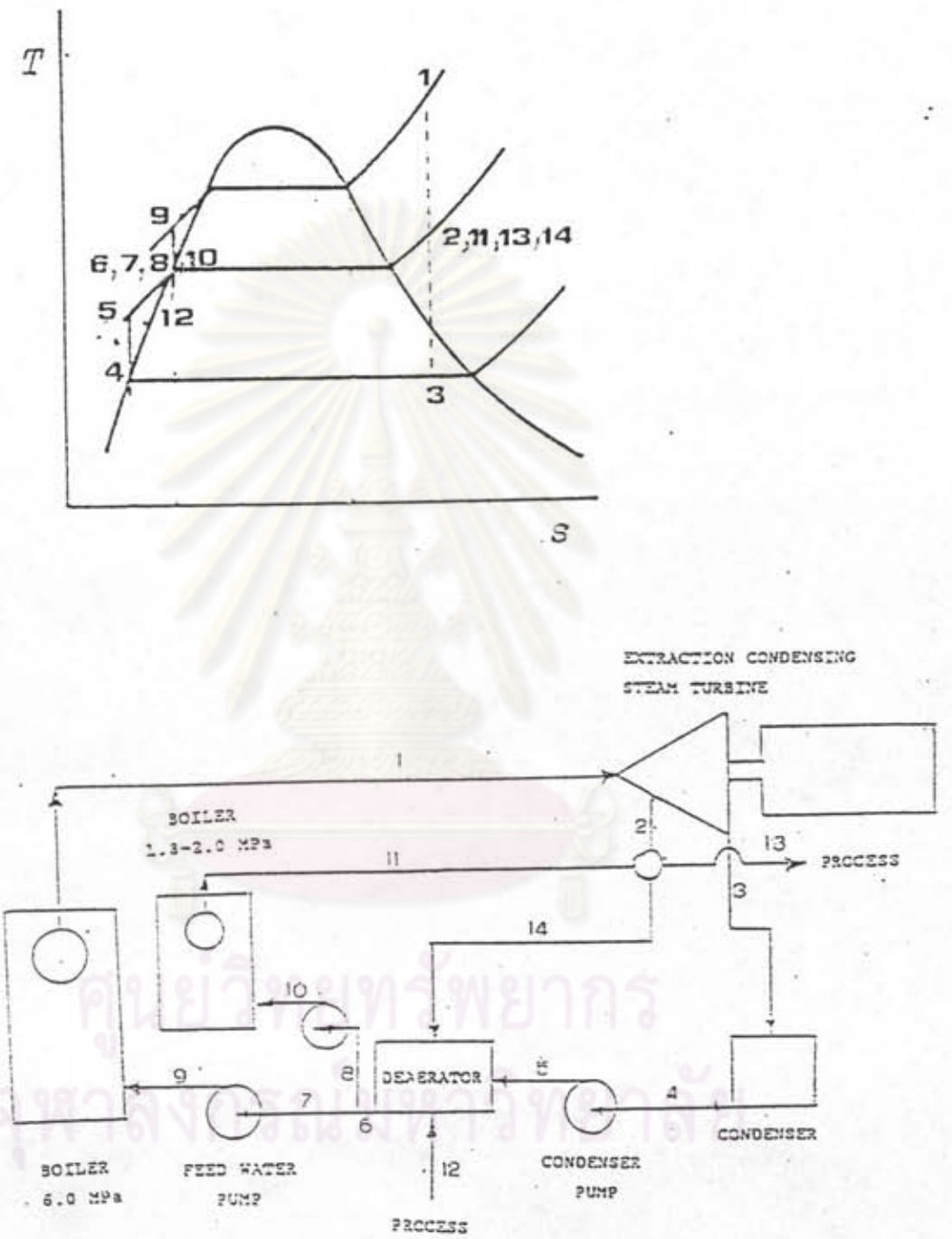
ปริมาณเศษอ้อยที่ใช้ (WASTFUL), KJ

$= TTFUEL - BAV_i*H_b*10^6$ (13)

การทดแทนน้ำมันเตา (FODISP), MJ

$= STCR*TCC_i*(h_1-h_7)/(EFF_b/100)*(FOR/100)/1000$ (14)

การทดแทนไฟฟ้า (EDISP), KWH



รูปที่ ข.10 ระบบโคเจนเนอเรชั่นที่ใช้กังหันไอน้ำแบบ Extraction condensing ของโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง

$$= (ECR)*TCC_t*(ED/100)*(EU/100) \quad (15)$$

กำลังไฟฟ้าในฤดูหีบ (KW_{on}),KW

$$= (ECR*TCC_t+EDISP)/(TCC_t/THR_t)+KWMAX\text{-}ON_t \quad (16)$$

กำลังไฟฟ้านอกฤดูหีบ (KW_{off}),KW

$$= (EDISP)/(7680-TCC_t/THR_t)+KWMAX\text{-}OFF_t \quad (17)$$

ระบบโคเจนเนอเรชั่นที่ใช้กังหันไอน้ำแบบ Extraction Condensing

การวิเคราะห์รูปแบบโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ ซึ่งใช้กังหันไอน้ำแบบ Extraction Condensing อยู่บนพื้นฐานวงจรไอน้ำรีเจนเนอเรทีฟ แรงคิน ซึ่งประกอบด้วยหม้อไอน้ำ ซึ่งเผาไหม้ โดยใช้กากอ้อยเป็นหลัก และใช้กังหันไอน้ำแบบ Extraction Condensing แผนผังการไหลของวงจรไอน้ำแสดงดังรูป ข.10

ไอน้ำแรงดันสูงจะถูกปล่อยออกมาจากหม้อไอน้ำ (1) และถูกส่งไปยังกังหันไอน้ำ ซึ่งมีการสกัดออกที่ความดันปานกลาง (2) เพื่อใช้กับเทอร์ไบน์ลูกหีบ และเทอร์ไบน์ไฟฟ้า ไอน้ำที่ออกจากเทอร์ไบน์ลูกหีบและไฟฟ้าจะนำไปใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาล ไอน้ำส่วนที่ออกจากเทอร์ไบน์ส่วนไอเสีย (3)จะส่งผ่านไปยังคอนเดนเซอร์ และเข้าปั๊มคอนเดนเซอร์ (4) DEAERATOR มีไอน้ำเข้าจากแหล่งต่างๆคือ เทอร์ไบน์ (14) กระบวนการผลิต (10) และปั๊มคอนเดนเซอร์ (5)ไอน้ำจาก DEAERATOR จะส่งไปยังปั๊มหม้อไอน้ำเก่า (7) และ ปั๊มหม้อไอน้ำใหม่ (8) และปั๊มเข้าหม้อไอน้ำเก่า (10) และหม้อไอน้ำใหม่ (9)ต่อไป

วิเคราะห์เชิงเทคนิคของวงจรไอน้ำรีเจนเนเรทีฟแรงคินที่ใช้กังหันไอน้ำแบบ Extraction Codensing

การศึกษาในส่วนที่จะกล่าวถึงการประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคของวงจรไอน้ำรีเจนเนอเรทีฟแรงคินที่ใช้กังหันไอน้ำแบบ Extraction Condensing ซึ่งข้อมูลและตัวแปรต่างๆ มีดังนี้

ข้อมูลตัวแปรต่าง ๆ

ความดัน (MPa)

P1 = ออกจากหม้อไอน้ำใหม่

P2 = การสกัดไอน้ำของเทอร์ไบน์

P3 = ไอเสียของเทอร์ไบน์

P4 = เข้าคอนเดนเซอร์

P5 = ออกจากคอนเดนเซอร์ปั๊ม

P6 = ออกจากฮีทเตอร์

P7 = เข้าปั๊มหม้อไอน้ำใหม่

P8 = เข้าปั๊มหม้อไอน้ำเก่า

P9 = เข้าหม้อไอน้ำใหม่

P10 = เข้าหม้อไอน้ำเก่า

P11 = ออกจากหม้อไอน้ำเก่า

P14 = เข้าฮีทเตอร์

อุณหภูมิ (°c)

T1 = ออกจากหม้อไอน้ำใหม่

T2 = การสกัดไอน้ำของเทอร์ไบน์

T4 = เข้าคอนเดนเซอร์

T11 = ออกจากหม้อไอน้ำเก่า

T13 = เข้ากระบวนการผลิต

T14 = เข้าฮีตเตอร์

การไหลของมวลสาร (Kg/hr)

M1 = ออกจากหม้อไอน้ำใหม่

M2 = หน่วยสกัดไอน้ำของเทอร์ไบน์ใหม่

M3 = หน่วยไอเสียของเทอร์ไบน์ใหม่

M4 = ออกจากคอนเดนเซอร์

M5 = ออกจากคอนเดนเซอร์ปั๊ม

M6 = ออกจากฮีทเตอร์

M7 = เข้าปั๊มหม้อไอน้ำใหม่

M8 = เข้าปั๊มหม้อไอน้ำเก่า

M9 = เข้าหม้อไอน้ำใหม่

M10 = เข้าหม้อไอน้ำเก่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

M11 = ออกจากหม้อไอน้ำเก่า

M12 = น้ำจากกระบวนการผลิต

M13 = เข้ากระบวนการผลิต

M14 = เข้าฮีตเดอร์

เอนทาลปี้ (KJ/Kg)

H1 = ออกจากหม้อไอน้ำใหม่

H2 = หน่วยสกัดไอน้ำของเทอร์ไบน์ใหม่

H3 = หน่วยไอเสียของเทอร์ไบน์

H3f = หน่วยไอเสีย (Sat.Liquid)

H3fg = หน่วยไอเสีย (Evap.)

H4 = ออกจากคอนเดนเซอร์

H5 = ออกจากคอนเดนเซอร์ปั๊ม

H6 = ออกจากฮีทเดอร์

H7 = เข้าปั๊มหม้อไอน้ำใหม่

H8 = เข้าปั๊มหม้อไอน้ำเก่า

H9 = เข้าปั๊มหม้อไอน้ำใหม่

H10 = เข้าปั๊มหม้อไอน้ำเก่า

H11 = ออกจากปั๊มหม้อไอน้ำเก่า

H12 = ออกจากกระบวนการผลิต

H13 = เข้ากระบวนการผลิต

H14 = เข้าฮีทเดอร์

เอนโทรปี้ (KJ/Kg K)

S1 = เข้าเทอร์ไบน์ใหม่

S2 = หน่วยสกัดของเทอร์ไบน์

S3 = หน่วยไอเสียของเทอร์ไบน์

S3f = หน่วยไอเสีย (Sat.Liquid)

S3fg = หน่วยไอเสีย (Evap.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ควอลิตี้ (Kgsteam\Kgliquid)

X2 = หน่วยสกัดของเทอร์ไบน์

X3 = หน่วยไอเสียของเทอร์ไบน์

ปริมาตรจำเพาะ (M^3/Kg)

V4 = ออกจากคอนเดนเซอร์

V6 = ออกจากฮีทเตอร์

งาน (KJ/Kg) และประสิทธิภาพ (%)

Wconp = งานในคอนเดนเซอร์ปั๊ม

Wngjp = งานในปั๊มหม้อไอน้ำใหม่

Wobjp = งานในปั๊มหม้อไอน้ำเก่า

Enb = ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำใหม่

Eob = ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำเก่า

Enbfp = ประสิทธิภาพปั๊มหม้อไอน้ำใหม่

Eobfp = ประสิทธภาพปั๊มหม้อไอน้ำเก่า

Econp = ประสิทธิภาพคอนเดนเซอร์ปั๊ม

อื่น ๆ

STD = ความต้องการไอน้ำ (KG)

TC = อัตราการหีบอ้อย (TON)

EC = ความต้องการไฟฟ้า (KWH)

STEP = ปริมาณไอน้ำสำหรับเทอร์ไบน์ไฟฟ้า (%)

Eb = ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าของรัฐ (KWH)

Hb = ค่าความร้อนจากการอ้อย (MJ/KG)

Hfo = ค่าความร้อนของน้ำมันเตา (MJ/KG)

Db = การบริโภคกากอ้อย (KG)

Dfo = การบริโภคน้ำมันเตา (ลิตร)

TCi = ปริมาณอ้อยเข้าหีบปีที่ i (TON)

THRi = อัตราการหีบอ้อยปีที่ i (TON/HR)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

BAVi = ปริมาณกากอ้อยที่มีอยู่ในปีที่ i (TON)

KW = กิโลวัตต์สั่งออก (KW)

STCR = อัตราไอน้ำต่อตันอ้อย (KG/TC)

ECR = อัตราไฟฟ้าต่อตันอ้อย (KWH/TC)

ESTR = อัตราไฟฟ้าต่อไอน้ำ (KWH/KG)

STDp = ความต้องการไอน้ำของโรงงาน (KG/HR)

STtotal= ปริมาณไอน้ำที่ใช้ทั้งหมด (KG/HR)

Eexp = พลังงานไฟฟ้าเพื่อส่งออก (KWH)

Epu = พลังงานไฟฟ้าใช้ในโรงงาน (KWH)

Ftotal = ความต้องการเชื้อเพลิงทั้งหมด (KJ)

WFD = ความต้องการเศษอ้อย (KJ)

EDD = ความต้องการไอน้ำในการผลิตไฟฟ้าทดแทน (KG/HR)

ED = การทดแทนไฟฟ้า (% ของไฟฟ้าจากการไฟฟ้า)

EU = ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าทั้งหมด (% ของไฟฟ้าผลิตใช้เอง)

EUon = ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในฤดูหีบ (% ของไฟฟ้าจากการไฟฟ้าทั้งหมด)

การวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าโดยระบบโคเจนเนอเรชั่นที่นำกังหันไอน้ำแบบ Extraction Condensing มาใช้ในโรงงานน้ำตาล

อัตราไอน้ำต่อตันอ้อย (STCR),KG/TC

= STD/TC (1)

อัตราไฟฟ้าต่อตันอ้อย (ECR),KWH\TC

= EC/TC (2)

อัตราไฟฟ้าต่อไอน้ำ (ESTR),KWH\TG

= EC / (STD* STep / 100) (3)

<u>ในฤดูหีบอ้อย</u>

ความต้องการไอน้ำของโรงงาน (STDp),KG/HR

= STCR*THRi (4)

ความต้องการไอน้ำในการผลิตไฟฟ้าทดแทน (EDD), KG/HR

= ((ECR*TCi) * (ED/100) * (EU/100) * (EUon/100)/

(TCi/THRi))/ESTR (5)

ความต้องการไอน้ำในกระบวนการผลิตเดิม (STDop) , KG/HR

= STDp + EDD (6)

ให้เทอร์ไบน์อยู่ในปริมาตรควบคุม

31 = S3 = S3f + X3 * (S3fg)

X3 = (S1-S3f) / S3fg (7)

H3 = H3f + H3fg*X3 (8)

จากการออกแบบเทอร์ไบน์โดยบริษัท COPPUS MURAY สามารถคำนวณปริมาณไอน้ำเข้าเทอร์ไบน์ได้จาก

M1 = M2 + M3 (9)

ให้ปั๊มคอนเดนเซอร์อยู่ในปริมาตรควบคุม

Wconp = V4 * (P5-P4)/(Econp/100) (10)

H5 = H4 + Wconp (11)

ให้จุดเชื่อมโยงระหว่างไอน้ำจากการสกัดและไอน้ำจากหม้อไอน้ำเก่าอยู่ในปริมาตรควบคุม

กฎแห่งการอนุรักษ์พลังงาน

M2H2 + M11H11 = M13H13 + M14 H14 (12)

ให้ฮีทเตอร์อยู่ในปริมาตรควบคุม

กฎแห่งการอนุรักษ์พลังงาน

M6H6 = M14H14 + M12H12 + M5H5 (13)

M6 = M1 + M11 = M2 + M3 + M11 (14)

จากสมการ 12 , 13 และ 14 ได้

M11 = M12H12+M5H5+M2H2-M1H6-M13H13)/(H6-H11) (15)

จากสมการ 13 และ 14 ได้

M14 = (M6H6 - M12H12 - M5H5) / H14 (16)

P6 = P7 =P8 (17)

H6 = H7=H8 (18)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ให้ปั๊มหม้อไอน้ำอยู่ในปริมาตรควบคุม

Wnbfp = H9-H7 = V6 (P9 - P7)/ (Enbfp / 100) (19)

H9 = H7 + Wnbfp (20)

ให้ปั๊มหม้อไอน้ำเกาอยู่ในปริมาตรควบคุม

Wobfp = H10-H8 = V6 (P10-P8) / (Eobfp/100) (21)

H10 = H8 + Wobfp (22)

ความต้องการเชื้อเพลิง (Ftotal), KJ

= ((H1-H9) * M9 / (Enb/100) + (H11-H0) * M10/(Eob/100)) * (TCi / THRi) (23)

พลังงานไฟฟ้าเผื่อส่งออก (Eexp), KWH

= KW * TCi/THRi (24)

ไฟฟ้าเผื่อใช้ในโรงงาน (Epu),KWH

= ECR*TCi (25)

ไฟฟ้าทดแทน (EDISPi),KWH

= ((ECR*TCi) * (ED/100) * (EU/100) * (EUon/100) (26)

กำลังไฟฟ้า

= (EDISPi+Eexp+Epu)/(TCi/THRi) (27)

<u>นอกฤดูหีบอ้อย</u>

ความต้องการไอน้ำในการผลิตไฟฟ้าทดแทน (EDD), KG/HR

= ((ECR * TCi) * (ED/100) * (EU/100) * (1-EUon/100) /(7680 - TCi/THRi) / ESTR (28)

M13 = EDD (29)

ให้เทอร์ไบน์อยู่ในปริมาตรควบคุม

S1 = S3 = S3f + X3 * (S3fg)

S3 = (S1-S3f) / S3fg (30)

H3 = H3f + X3 * H3fg (31)

ให้คอนเดนเซอร์ปั๊มอยู่ในปริมตรควบคุม

Wconp = V4*(P5-P4)/(Econp/100) = H5 - H4

H5 = H4 + Wconp (32)

ให้ฮีทเตอร์อยู่ในปริมาตรควบคุม

M6H6 = M14H14 + M12H12 + M5H5 (33)

จากสมการที่ 23

(M3+M2)H6 = M14H14 + M12H12 + M5H5 (34)

ให้จุดเชื่อมไอน้ำเพื่อการสกัดอยู่ในปริมาตรควบคุม

M2H2 = M13H13 + M14H14 (35)

จากสมการ 34 และ 35 ได้

(M3+M2)H6-M2H2 = M12H12 + M5H5 - M13H13

M2(H6-H2) = M12H12 + M5H5 - M13H13 - M3H6 (36)

M2 = (M12H12 + M5H5 - M13H13 - M3H6)/(H6-H2) (37)

M14 = (M2H2 - M13H13) / H14

H7 = H6 (38)

P7 =P6 (39)

ให้ปั๊มหม้อไอน้ำใหม่อยู่ในปริมาตรควบคุม

Wnbfp = V6 (P9-P7) / (Enbfp/100) (40)

Wnbkp = H9-H7

H9 = Wnbfp + H7 (41)

M1 = M2 + M3 (42)

ความต้องการเชื้อเพลิง (Ftotal), KJ

= (H1 - H9)*M1/(Enb/100)*(7680-TCi/THRi) (43)

พลังงานไฟฟ้าเพื่อส่งออก (Eexp), KWH

= KW * (7680-(TCi/THRi)) (44)

ไฟฟ้าทดแทน (EDISPi),KWH

= ((ECR*TCi) * (ED/100) * (EU/100) * (1-EUon/100) (45)

กำลังไฟฟ้า

= (EDISPi+Eexp)/(7680-TCi/THRi) (46)

ความต้องการเชื้อเพลิงทั้งหมด (Ftotal), KJ

= Ftotal-on + Ftotal-off (47)

ความต้องการเชื้อเพลิงเศษอ้อย (WFD),KJ

= Ftotal - BAVi*Hb*10^{n} (48)

ปริมาณไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายทั้งหมด (Eexp), KWH

= Eexp-on + Eexp-off (49)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

เงินลงทุน

ระบบเชื่อมโยงไฟฟ้าขนาด 1 MW

ITEM	QTY	UNIT	MAT'L	LABOR	TOTAL
Watthour Demand Meter	1	EA	$ 1,200	$ 50	$ 1,250
Varhour Meter	1	EA	1,400	50	1,450
Potential Transformers	2	EA	1,500	100	1,600
Blocking Relay (Dev. 68)	1	EA	250	50	300
Synch Check Relay (Dev. 25)	1	EA	5,200	100	5,300
Voltmeter	2	EA	1,200	100	1,300
Synchroscope	1	EA	1,400	100	1,500
Voltage Relay (Dev. 27/59)	1	EA	900	50	950
Undervoltage Relay (Dev. 27)	1	EA	250	50	300
Frequency Meter	2	EA	3,000	100	3,100
Wattmeter	1	EA	1,500	50	1,550
Varmeter	1	EA	1,800	50	1,850
Control Switch	1	EA	400	50	450
Negative Sequence Relay (Dev. 46)	1	EA	2,500	50	2,550
Loss of Excitation Relay (Dev. 40)	1	EA	1,500	50	1,550
	Subtotal		$24,000	$1,000	$25,000
22 kV Circuit Breaker & SW	1	EA	32,500	500	33,000
Lighting Arresters	3	EA	4,500	300	4,800
Overcurrent Relays	Lot	LS	19,000	1,000	20,000
Ground Fault Relay	1	EA	1,000	200	1,200
	Subtotal		$57,000	$2,000	$59,000
	Total		$81,000	$3,000	$84,000

NOTES:

1. Estimated cost in U.S. dollars. $1 = B25.75
2. Material cost at U.S. prices.
3. Labor cost at Thailand rates.

ที่มา : Winrock International (1990)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

เงินลงทุน

ระบบเชื่อมโยงไฟฟ้าขนาด 5 MW

ITEM	QTY	UNIT	MAT'L	LABOR	TOTAL
3.3/6.6 kV Switchgear	1	EA	$100,000	$4,000	$104,000
Metering & Relaying	Lot	LS	24,000	1,000	25,000
Recording Meter (Watt & VAR)	1	EA	5,000	200	5,200
Grounding Transformer & Resistor	1	EA	12,000	400	12,400
Transducers (Watt & VAR)	2	EA	3,000	100	3,100
Tie Line Controller	1	EA	9,000	1,000	10,000
Cabling, 6.25 MVA @ 3.3 kV	100	LF	6,000	300	6,300
22 kV Ckt Bkr & Relays	1	EA	57,000	2,000	59,000
	Subtotal		$216,000	$9,000	$225,000
Tie Transformer	6.25	MVA	125,000	3,000	128,000
	Subtotal		$125,000	$3,000	$128,000
	Total		$341,000	$12,000	$353,000

NOTES:

1. Estimated cost in U.S. dollars. $1 = B25.75
2. Material cost at U.S. prices.
3. Labor cost at Thailand rates.

ที่มา : Winrock International (1990)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

เงินลงทุน

ระบบเชื่อมโยงไฟฟ้าขนาด 10 MW

ITEM	QTY	UNIT	MAT'L	LABOR	TOTAL
11 kV Switchgear	1	EA	$100,000	$4,200	$104,200
Metering & Relaying	Lot	LS	21,600	800	22,400
Recording Meter (Watt & Var)	1	EA	5,000	200	5,200
Grounding Transformer & Resistor	1	EA	12,000	400	12,400
Transducers (Watt & VAR)	2	EA	3,000	100	3,100
Tie Line Controller	1	EA	9,000	1,000	10,000
Cabling, 12.5 MVA @ 11 kV	100	LF	4,400	300	4,700
22 kV Ckt Bkr & Relays	1	EA	57,000	$2,000	59,000
	Subtotal		$212,000	$9,000	$221,000
Tie Transformer with LTC	12.5	MVA	350,000	8,000	358,000
	Subtotal		$350,000	$8,000	$358,000
22 kV Tie Line	20	KM	320,000	20,000	340,000
22 kV Circuit Breaker	1	EA	32,500	500	33,000
Overcurrent Relays	4	EA	5,600	500	6,100
Meters & Indicators	Lot	LS	11,400	700	12,100
Lightning Arresters	3	EA	4,500	300	4,800
	Subtotal		$374,000	$22,000	$396,000
	Total		$936,000	$39,000	$975,000

NOTES:

1. Estimated cost in U.S. dollars. $1 = B25.75
2. Material cost at U.S. prices.
3. Labor cost at Thailand rates.

ที่มา : Winrock International (1990)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

การประมาณเงินลงทุนและต้นทุนการดำเนินงานและบำรุงรักษาสำหรับการผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายขนาด 1 เมกกะวัตต์, 5 เมกกะวัตต์ และ 10 เมกกะวัตต์

<u>การศึกษาที่ผ่านมา</u>

W.F. Thorn,RL.Hoskins and D.Wilson (1979)ทำการศึกษาโรงงานผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันไอน้ำ 2 แบบ คือ การใช้กังหันไอน้ำแบบ Condensing เพื่อผลิตไฟฟ้าขนาด 25 เมกกะวัตต์ เพียงอย่างเดียว และการใช้กังหันไอน้ำแบบ single-extraction condensing เพื่อผลิตไฟฟ้าขนาด 19.74 เมกกะวัตต์

E.W. Albaugh,D.A. Collins and R.J.Alescio (1982)ศึกษาให้กับสถาบันวิจัยพลังงานไฟฟ้า การศึกษานี้กล่าวถึงการประเมินระบบ โคเยนเนอเรชั่น biomass-fired ขนาด 6 เมกกะวัตต์, 12 เมกกะวัตต์ และ 24 เมกกะวัตต์ ในภาคตะวันตกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกา

Ronco Consulting Corporation and Bechtel National Inc.(1986)ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของระบบกังหันไอน้ำแบบ single-controlled-extraction condensing สำหรับโรงงานน้ำตาล Monymusk โรงงานดังกล่าวสามารถผลิตไฟฟ้าขนาด 32.25 เมกกะวัตต์ และสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 171.1 ล้าน กิโลวัตต์ชั่วโมง ในแต่ละปี

United States Agency for International Development (USAID 2529) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเศษอ้อยมาผลิตไฟฟ้า โดยระบบโคเยนเนอเรชั่น ในการศึกษาดังกล่าวได้นำระบบโคเยนเนอเรชั่น ที่ใช้กังหันไอน้ำแบบ extraction condensing ขนาด 25 เมกกะวัตต์ และ 35 เมกกะวัตต์ มาทำการพิจารณา

Dileep Kuway Jain (1988)ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของระบบโคเยนเนอเรชั่นในโรงงานกระดาษโดยใช้กังหันไอน้ำแบบ extraction-condensing ขนาด 15 เมกกะวัตต์

Winrock International (1990) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้าของรัฐเข้ากับโรงงานน้ำตาลในรายงานดังกล่าว ได้กล่าวถึงต้นทุนในการติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมโยงไฟฟ้า และต้นทุนการติดตั้งหม้อไอน้ำและเทอร์โบเยนเนอเรเตอร์

ขนาด 5 เมกกะวัตต์ และ 25 เมกกะวัตต์

การประมาณต้นทุนของโครงการ

จากโครงสร้างต้นทุนในการติดตั้งระบบโคเจนเนอเรชั่นต่างๆ จะเห็นได้ว่า ต้นทุนในการติดตั้งเครื่องจักรหลัก คือ เทอร์ไบน์และหม้อไอน้ำ อยู่ในช่วง 1.7-2.4 เท่า ของต้นทุนเครื่องจักรหลัก และ Coppus ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า ต้นทุนในการติดตั้งเครื่องจักรหลักคือเทอร์ไบน์ เท่ากับ 1-3 เท่า ของราคาเครื่องจักรนั้นและจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านโรงงานน้ำตาลของบริษัทชูเกลได้ให้ข้อแน่าเกี่ยวกับต้นทุนค่าติดตั้งเครื่องจักรดังกล่าวในประเทศไทยประมาณ 1 เท่าของราคาเครื่องจักรนั้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดให้ต้นทุนในการติดตั้งเครื่องจักรเท่ากับ 1 เท่าของราคาเครื่องจักรหลัก ได้แก่ เทอร์ไบน์ หม้อไอน้ำ และระบบเชื่อมโยงไฟฟ้า

ตารางที่ 1 แสดงประมาณการเงินลงทุนสำหรับโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ ซึ่งมีกำลังจำหน่าย 1 เมกกะวัตต์, 5 เมกกะวัตต์ และ 10 เมกกะวัตต์ ซึ่งตัวเลขดังกล่าวจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ทางการเงินในการศึกษาครั้งนี้

รายการเครื่องจักรที่ลงทุน

เครื่องเทอร์โบเจนเนอเรเตอร์ แบบ Extraction-Condensing

จากการศึกษาที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าในโรงงานน้ำตาลต่างประเทศได้มีการนำระบบโคเจนเนอเรชั่นที่ใช้เทอร์ไบน์ Extraction Condensing มาใช้อย่างกว้างขวาง

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ติดต่อขอคำปรึกษาไปยังบริษัทผู้ผลิตเทอร์ไบน์ต่างๆ ซึ่งข้อคิดเห็นต่างๆ จากผู้เชี่ยวชาญจะช่วยให้โครงการศึกษาในครั้งนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้อมูลและข้อคิดเห็นต่างๆ จากผู้เชี่ยวชาญแสดงดังต่อไปนี้

COPPUS:Coppus Engineering Corporation เป็นบริษัทผลิตเทอร์ไบน์ชนิดต่างๆ ของสหรัฐอเมริกา ทำการผลิตเทอร์ไบน์แบบ Multistage Extraction Condensing ขนาดสูงสุด 10 เมกกะวัตต์ และได้ให้ข้อคิดเห็นว่าควรจะใช้เทอร์ไบน์แบบ one-extraction condensing มากกว่า double-extraction-condensing เพราะไอน้ำแรงดันต่ำจากเทอร์ไบน์ double-extraction-condensing สามารถได้จากเทอร์ไบน์ back pressure ของลูกหีบและมัดดัลอ้อย

ตารางที่ 1 เงินลงทุนระบบโคเจนเนอเรชั่นโครงการต่างๆ

รายการ	เงินลงทุน (บาท) ของระบบโคเจนเนอเรชั่น ขนาด		
	1 MW	5 MW	10 MW
อุปกรณ์หลัก			
หม้อไอน้ำ	-	-	159,779,270
เทอร์โบเจนเนอเรเตอร์	-	-	38,085,000
คอนเดนเซอร์	-	-	2,539,000
รวมอุปกรณ์หลัก	-	-	200,403,270
ค่าติดตั้ง (1 เท่า)	-	-	200,403,270
เครื่องจัดการเศษอ้อย	555,008	2,497,536	1,665,024
ระบบเชื่อมโยงไฟฟ้า	2,239,398	9,410,803	25,993,012
ต้นทุนรวม	2,794,406	11,908,339	428,464,576
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และซ่อมบำรุง (บาท)			
แรงงาน	2,089,500	2,169,900	2,241,300
ค่าซ่อมบำรุง	220,738	700,992	4,900,058
ค่าใช้จ่ายแรงงานและซ่อมบำรุง	2,310,238	2,870,092	7,141,358

เทอร์ไบน์ขนาดเล็กถึง 10 เมกกะวัตต์ ไม่ควรใช้กับหม้อไอน้ำที่มีความดันสูงกว่า 6 เมกกะพาสคาล เพราะต้นทุนที่เพิ่มขึ้นไม่คุ้มกับศักยภาพไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ราคาเทอร์ไบน์เจนเนอเรเตอร์ สำหรับขนาด 2.5 เมกกะวัตต์ ถึง 10 เมกกะวัตต์ เท่ากับ $750,000 ถึง $ 1,500,000 ตามลำดับและราคาคอนเดนเซอร์ และ cooling tower อยู่ในช่วง $50,000 ถึง $100,000 ต้นทุนในการติดตั้งขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง จากสัญญาของลูกค้าที่ผ่านมาอยู่ในช่วง 1 ถึง 3 เท่า ของราคาอุปกรณ์

ภาคผนวก ช แสดงข้อมูลทางเทคนิคต่างๆ ที่ออกแบบมาเพื่อใช้งานสำหรับเทอร์ไบน์เจนเนอเรเตอร์

หม้อไอน้ำ

เนื่องจากในการผลิตไฟฟ้าขนาด 10 เมกกะวัตต์ เพื่อจำหน่ายให้การไฟฟ้าของรัฐ ใช้เทอร์โบเยนเนอเรเตอร์ ที่ความดันไอน้ำเข้า 6 เมกกะพาสคาล ที่อุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส และมีอัตราการใช้ไอน้ำ 90.695 ตันต่อชั่วโมง ดังนั้นหม้อไอน้ำที่จะนำมาใช้ต้องมีความสามารถในการผลิตไอน้ำที่ความดันสูงกว่า 6 เมกกะพาสคาล เล็กน้อย ด้วยอัตรา 102 ตันต่อชั่วโมง

ตารางที่ 8 แสดงราคาหม้อไอน้ำ ในช่วงความดัน 6-6.33 เมกกะพาสคาล แปรผันตามขนาดของหม้อไอน้ำ

ตารางที่ 2 ราคาหม้อไอน้ำ

ขนาด (ตัน)	ความดัน (MPa)	ราคา ($ Million)	ปีฐานราคา (ปี)	ราคาปี 2534 ($ Million)
25 [24]	63.33	2.45	2533	2.57
125 [7]	61.00	4.80	2529	5.92
130 [26]	60.00	6.10	2530	7.33
150 [24]	63.33	10.45	2533	10.96
227.5 [7]	61.00	9.60	2529	11.85

Y = 0.05x + 1.243, y = ราคาหม้อไอน้ำ x = ขนาดหม้อไอน้ำ

หมายเหตุ : การแปลงราคาจากปีฐานเป็นราคาในปี 2534 กำหนดให้อัตราเงินเฟ้อในปี ค.ศ. 1986,1987,1988,1989 และ1990ของประเทศสหรัฐอเมริกาเท่ากับ 2.0,3.6,4.1,5.1และ 4.9 %

ที่มา : หม้อไอน้ำขนาด 25 และ 150 ตัน (Winrock International)
หม้อไอน้ำขนาด 125 และ 227.5 ตัน (USAID)
หม้อไอน้ำขนาด 130 ตัน (Dileep Kumar Jain)

การประมาณราคาหม้อไอน้ำขนาด 102 ตันต่อชั่วโมง ในการศึกษาครั้งนี้ พยากรณ์โดยใช้เทคนิค Linear Regression ซึ่งได้ราคาต้นทุนหม้อไอน้ำเท่ากับ 6.343 ล้านเหรียญสหรัฐ

คอนเดนเซอร์

ในกรณีที่ใช้กังหันไอน้ำแบบ Extraction-Condensing มีความจำเป็นต้องใช้คอนเดนเซอร์ทำหน้าที่กลั่นน้ำที่ออกจากเทอร์ไบน์ชนิด condensing ค่าใช้จ่ายสำหรับคอนเดนเซอร์ที่ใช้กับเทอร์ไบน์ 10เมกกะวัตต์ คือ$ 100,000 สหรัฐ ค่าใช้จ่ายดังกล่าวประมาณโดยบริษัท Coppus

เครื่องลัดกากเศษอ้อย

ในการใช้เศษอ้อยเป็นเชื้อเพลิงจำเป็นต้องมีเครื่องมืออีก 2 ชนิด ด้วยกันที่สำคัญต่อการแบ่งและฉีกเศษอ้อยที่ถูกมัดรวมกัน เพื่อสนองความต้องการเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ

1.เครื่องมือจัดการมัดทั้งหลาย ทำหน้าที่นำมัดทั้งหมดมาแยกส่วน เพื่อที่จะได้ส่งวัตถุที่เป็นใยต่อไป

2. เครื่องฉีก/เครื่องแบ่งแยก ทำหน้าที่แยกเศษอ้อยที่เป็นมัดออกเป็นชิ้นเล็กๆ เท่าๆ กัน

USAIDE ได้ทำการศึกษาทุนสำหรับเครื่องมือดังกล่าวในปี พ.ศ.2529 ซึ่งเท่ากับ $ 3,000 ต่อเศษอ้อยหนึ่งตันต่อชั่วโมง ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งประมาณ $ 1,400 ต่อเศษอ้อยหนึ่งตันต่อชั่วโมง

ต้นทุนเครื่องจัดการเศษอ้อยประมาณจากต้นทุนที่ทำการศึกษาโดย USAID และเทียบเป็นราคาปี 2534 โดยใช้อัตราเงินเฟ้อประเทศสหรัฐอเมริกาเท่ากับ 4.43% ดังนั้น ต้นทุนเครื่องจัดการเศษอ้อย ปี 2534 เท่ากับ $ 5,464.86 ต่อเศษอ้อยหนึ่งตันต่อชั่วโมง หรือ 138,752 บาท/ต่อเศษอ้อยหนึ่งตันต่อชั่วโมง ตารางที่ 3 แสดงต้นทุนเครื่องจัดการเศษอ้อย

ตารางที่ 3 ต้นทุนเครื่องจัดการเศษอ้อย

กำลังไฟฟ้าส่งออก	1 MW	5 MW	10 MW
การใช้ไอน้ำสูงสุด (KG/HR)	1.120×10^4	4.965×10^4	5.415×10^4
การใช้เศษอ้อย (KG/HR)	3,189.74	14,140.2	10,502.62
ขนาดเครื่องจัดการเศษอ้อย (T/HR)	4	18	12
ต้นทุนเครื่องจัดการเศษอ้อย (บาท)	555,008	2,497,536	1,665,024

ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน

ค่าใช้จ่ายสำหรับแรงงานนั้นเป็นค่าคงที่ ผลการประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคชี้ให้เห็นว่าทั้งในฤดูหีบและนอกฤดูหีบมีความจำเป็นจะต้องใช้หม้อไอน้ำและเครื่องผลิตไฟฟ้าที่ใช้กำลังจากกังหันไอน้ำ โดยอาศัยแรงงานและผู้คุมงานเพิ่มขึ้น การปฏิบัติงานผลิตพลังงาน โดยโรงงานน้ำตาลในลักษณะของสาธารณูปโภคนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการตลอด24ชั่วโมงทุกๆ วัน ทั้งในช่วงฤดูการหีบอ้อยและช่วงนอกฤดูการหีบอ้อย ซึ่งมีระยะเวลาประมาณ 67 วัน และ 253 วันตามลำดับ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการปรึกษาวิศวกรโรงงานตัวอย่าง และผู้เชี่ยวชาญของบริษัทชูเทค เอนจิเนียริ่ง ได้ประเมินค่าใช้จ่ายสำหรับแรงงานว่า

รายการ	ผู้คุม (สามผลัด/วัน)	จำนวนคนงานสำหรับผลิตไฟฟ้าขนาด 1 MW	5 MW	10 MW
ในฤดูหีบอ้อย				
หน่วยผลิตไฟฟ้า	-	6	18	6
รวม		6	18	6
นอกฤดูหีบอ้อย				
การเตรียมเชื้อเพลิง	3	9	9	9
การปฏิบัติการหม้อน้ำ	3	9	9	9
หน่วยผลิตไฟฟ้า	3	6	6	12
เครื่องระเหย	3	9	9	9
รวม	12	33	33	39

ค่าใช้จ่าย ผู้คุม = 400 บาท/วัน/คน

คนงาน = 100 บาท/วัน/คน

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดสำหรับการผลิตไฟฟ้า 1 เมกกะวัตต์

= 6x67x100+12x253x400+33x253x100

= 2,089,500 บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดสำหรับการผลิตไฟฟ้า 5 เมกกะวัตต์

= 18x67x100+12x253x400+33x253x100

= 2,169,900 บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดสำหรับการผลิตไฟฟ้า 10 เมกกะวัตต์

= 6x67x100+12x253x400+33x253x100

= 2,241,300 บาท/ปี

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง

ในการลงทุนเครื่องจักรและอุปกรณ์เพิ่มเติมมีความจำเป็นที่จะต้องซ่อมบำรุงเครื่องจักรดังกล่าว เมื่อใช้งานไปในแต่ละปี ในการศึกษาที่ผ่านมาของระบบโคเยนเนอเรชั่น ได้มีการประมาณต้นทุนค่าบำรุงรักษาดังแสดงในตารางที่ 4

ในการศึกษาครั้งนี้จะประมาณค่าบำรุงรักษาบนพื้นฐานการศึกษาที่ผ่านมา โดยให้เท่ากับ 1.1% ของเงินลงทุน ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงจะเพิ่มขึ้นตามเงินลงทุน หรือกำลังการผลิตไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4 ค่าบำรุงรักษาโรงงานที่ใช้ระบบโคเยนเนอเรชั่นที่ใช้กังหันไอน้ำ

การผลิตไฟฟ้า (MW)	ค่าซ่อมบำรุง (% ของต้นทุนติดตั้ง)
27.0	1.48
10.0	1.10
3.0	0.76

ที่มา : The Center for Energy and Environmental Studies

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการศึกษาเชิงเทคนิค พบว่า นอกจากหม้อไอน้ำ, เทอร์ไบน และอุปกรณ์อื่นๆ ที่จะต้องติดตั้งใหม่ แล้วยังต้องใช้อุปกรณ์เก่า เช่น การลงทุนผลิตไฟฟ้าขนาด 1 เมกกะวัตต์, 5 เมกกะวัตต์ และ 10 เมกกะวัตต์ จะต้องนำเทอร์ไบน์เก่าขนาด 2.5 เมกกะวัตต์ มาใช้จำนวน 1, 3 และ 1 ตัว ตามลำดับ โดยราคาเทอร์ไบน์ แบบ Back pressure มีราคาตัวละ 25 ล้านบาท ซึ่งตัวเลขดังกล่าวประมาณโดย บริษัท ซูเทค เอนจิเนียริ่ง จำกัด และในการผลิตไฟฟ้าขนาด 10 เมกกะวัตต์สามารถลดการใช้งานหม้อเก่าขนาด 60 ตัน จำนวน 1 ตัว โดยราคาหม้อไอน้ำประมาณ ตันละ 1 ล้านบาท (ประมาณโดย บริษัท ซูเทคเอนจิเนียริ่ง)

ตารางที่ 5 แสดงค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงของโครงการผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 1 เมกกะวัตต์, 5 เมกกะวัตต์ และ 10 เมกกะวัตต์

ตารางที่ 5 ค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงเครื่องจักรของโครงการต่างๆ

รายการ	ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงของโครงการผลิตไฟฟ้า (บาท) 1 MW	5 MW	10 MW
เครื่องจักรและอุปกรณ์ใหม่	30,738	130,992	4,710,058
เทอร์ไบน์เก่า	190,000	570,000	190,000
หม้อไอน้ำเก่า	-	-	-
รวม	220,907	701,750	4,900,058

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช

<u>การประมาณไอน้ำที่ใช้ของ Extraction condensing steam turbine</u>

การประมาณอัตราไอน้ำสำหรับเทอร์ไบน์Coppus-Murray ต้องทราบข้อมูลต่อไปนี้

- ความดันไอน้ำเข้า
- อุณหภูมิไอน้ำเข้า
- ความดันไอน้ำออก
- กำลังไฟฟ้า

สมการที่ใช้ในการประมาณอัตราไอน้ำ (SR) คือ

$$SR = \frac{TSR}{AxBxCxD}$$

อัตราไอน้ำเชิงทฤษฎี (TSR)

$$= \frac{3600}{h_1 - h_2} \quad \text{kgs/kw.hr.}$$

h_1 = เอนทาลปี้ ไอน้ำเข้า (kg/hr)

h_2 = เอนทาลปี้ ไอเซนโทรปิคที่ลดลงจากการเปลี่ยนสภาวะไอน้ำเข้าและไอน้ำออก

ประสิทธิภาพพื้นฐาน "A" หาได้จากรูปที่ 1 ตัวแปร "B", "C", "D" หาได้จากรูปที่ 2 ถึง 4

Coppus ได้ประมาณการใช้ไอน้ำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไอน้ำดังนี้

ความดันไอน้ำเข้า : 6 MPa

อุณหภูมิไอน้ำเข้า : 480.00 C

ความดัน Extraction : 2 MPa

ความดันไอเสีย : 15 KPa

RPM : 7,000

Pitch Diameter : 508 mm

ไอน้ำเข้าสูงสุด : 90,695 kg/hr

อัตราไอน้ำทางทฤษฎีที่หน่วยคอนเดนซิ่ง (TSRc)

$$= \frac{3600}{h1 - h2}$$

h1 = เอนทาลปีไอน้ำเข้าเทอร์ไบน์ ที่ 6 MPa 480 °C

= 3374.04 kj/kg

h2 = เอนทาลปีไอน้ำออกจากเทอร์ไบน์ที่หน่วยคอนเดนซิ่ง ที่ 15 KPa ให้เทอร์ไบน์อยู่ในปริมาตรควบคุม

S1 = S2 = S2f + S2fg*X2

6.1859 = 0.7549 + 7.2536*X2

X2 = 0.8356

h2 = h2f + h2fg*X2

= 225.94 + 2373.10*0.8356

= 2208.9

$$TSRc = \frac{3600}{3374.04-2208.9}$$

= 3.0898 kg/kwhr.

จากรูปที่ 1 10000 KW และ 480 C

A = 0.75

จากรูปที่ 2

B = 1.0

จากตารางไอน้ำที่ 6 MPa อุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัวคือ 275.64 C

จากรูปที่ 3 204.36 C และที่สภาวะคอนเดนซิ่ง

C = 1.04

$$SRc = \frac{3.0898}{0.75*1*1.04}$$

= 3.961

กรณีที่ปล่อยให้ไอน้ำขยายตัวผ่านหน่วยคอนเดนซิ่งทั้งหมด

การใช้ไอน้ำทั้งหมด (จุด A)

TFsc = 3.961*10,000

= 39,610 kg/hr

ปริมาณไอน้ำที่ ไม่มีการผลิตไฟฟ้า (จุด B)

= 10% ของปริมาณไอน้ำที่กำลังการผลิตสูงสุด (TFsc)

= 15% ของปริมาณไอน้ำที่กำลังการผลิตสูงสุด (TFsc)

= 39,610*0.10

= 3,961 kg/hr

ไอน้ำที่สกัดออกมาได้ที่จุดสูงสุด (จุด C)

= TFext - TFsc

= 90695 - 39610

= 51,085 kg/hr.

จากตารางไอน้ำ

อัตราไอน้ำที่หน่วยสกัดทางทฤษฎี

$$TSRe = \frac{3,600}{3,374.04 - 3,653}$$

= 11.21 kg/kw.hr.

การสกัดได้สูงสุด

Ext.Flow = TFext - TFsc/(1-TSRc/TSRe)

= 90,695 - 39,610/(1-3.0898/11.21)

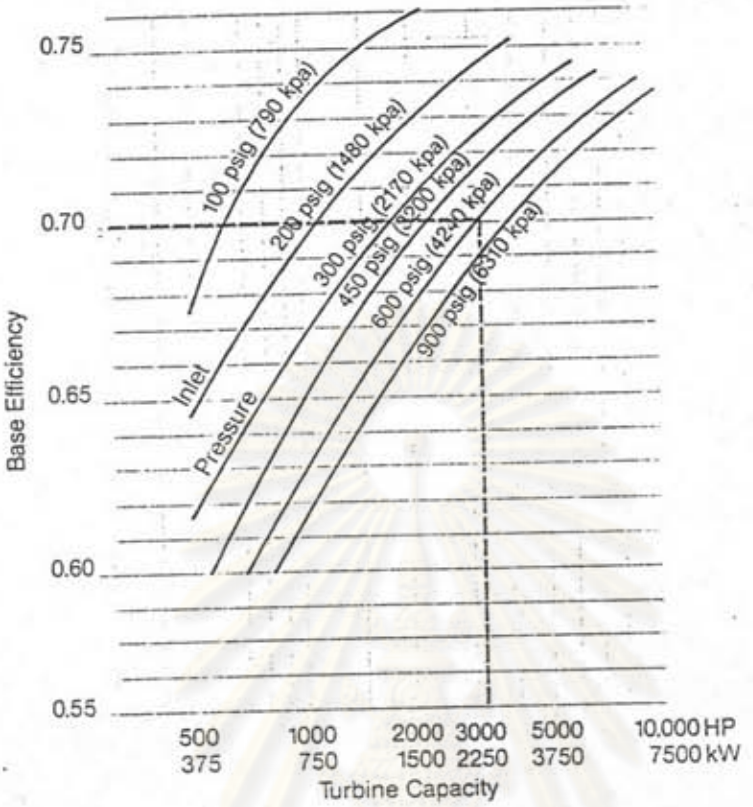
= 70,523 kg/hr.

จุด D หาได้จากการลากเส้นจากจุด C ขนานกับเส้น AB และตัดกับเส้นที่ได้จากการรวมอัตราไอน้ำที่ไม่มีการผลิตไฟฟ้าและการสกัดได้สูงสุด

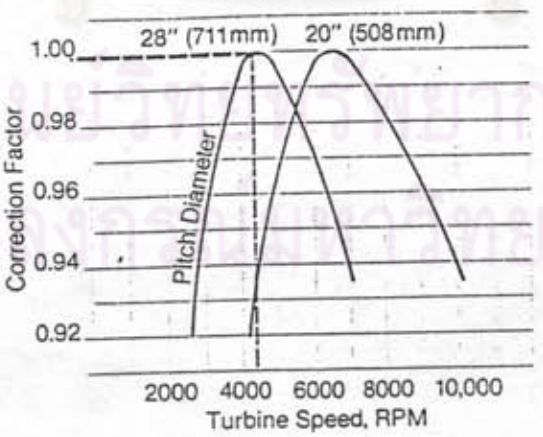
= 70,523 + 3,961

= 74,484 kg/hr.

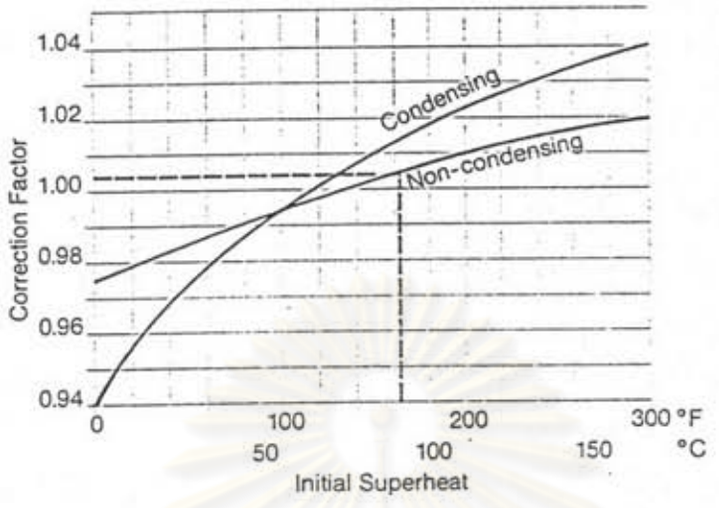
การประมาณเส้นอัตราการสกัดอื่นๆสามารถหาได้โดยวิธีการเดียวกัน



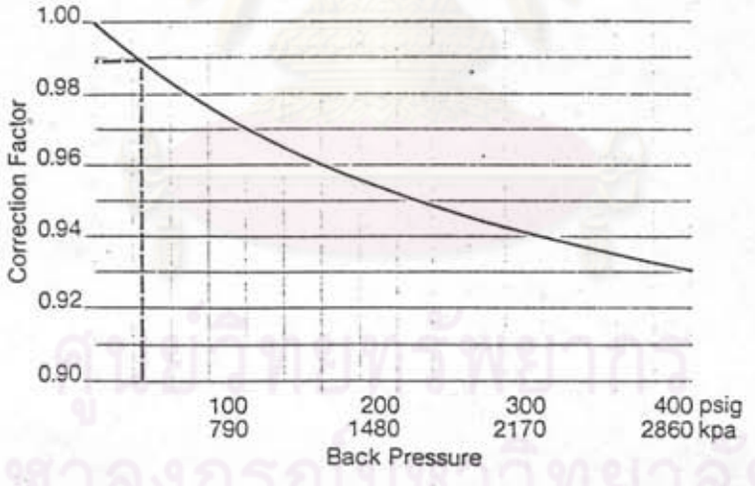
รูปที่ 1 ประสิทธิภาพพื้นฐาน "A"



รูปที่ 2 ตัวแปรความเร็วที่เหมาะสม "B"

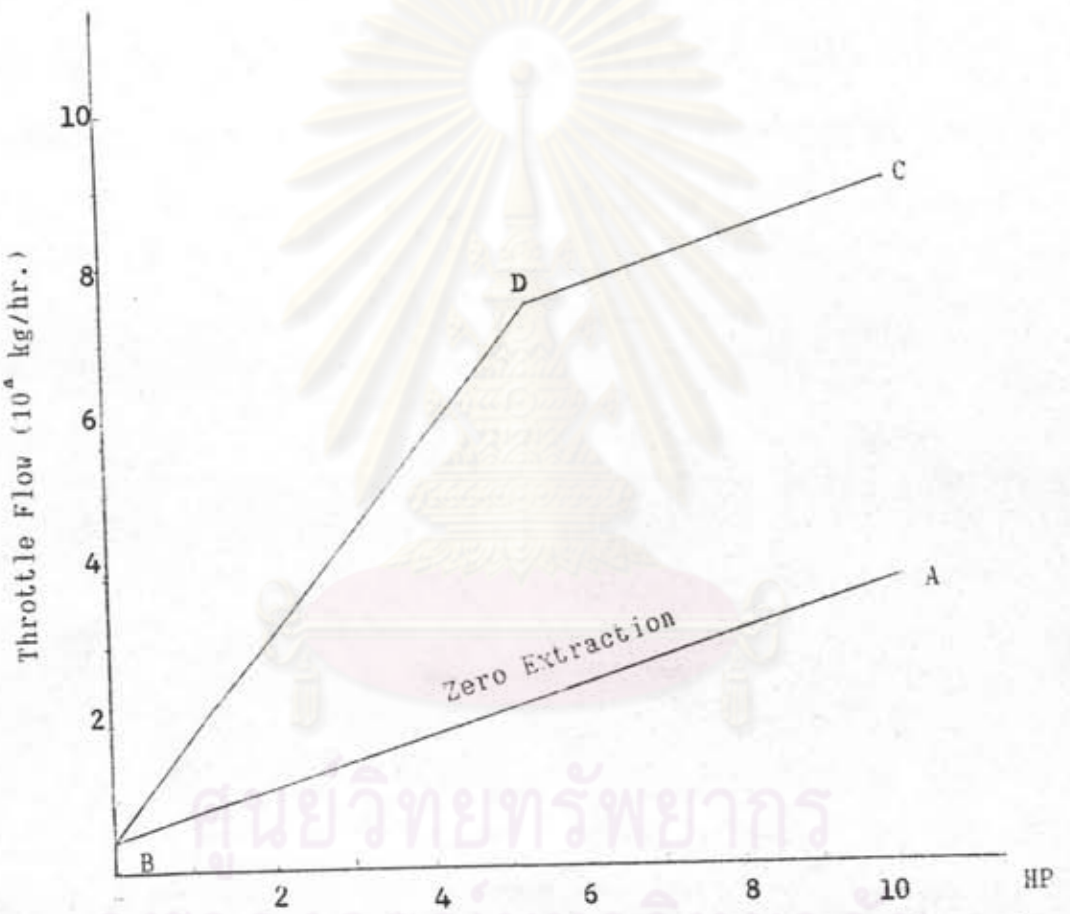


รูปที่ 3 ตัวแปรซูเปอร์ฮีทที่เหมาะสม "C"



รูปที่ 4 ตัวแปร Back Pressure ที่เหมาะสม "D"

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5 Extraction Operation Estimated Performance Curve

ภาคผนวก ช

ต้นทุนการขนส่งก้อนเศษอ้อย

ระยะทางจากไร่ถึงโรงงาน	:	4 กม.	6 กม.	8 กม.	10 กม.	12 กม.	14 กม.	16 กม.	18 กม.	20 กม.	23.17 กม.
เวลาขนส่ง, ไร่-โรงงาน-ไร่	(ชม.):	0.54	0.68	0.83	0.97	1.12	1.26	1.41	1.55	1.70	1.93
เวลาบนถนน	(ชม.):	0.29	0.43	0.58	0.72	0.87	1.01	1.16	1.30	1.45	1.68
เวลาในโรงงาน	(ชม.):	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
เวลาในไร่	(ชม.):	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
จำนวนก้อนหนึ่งขน	:	23.50	23.50	23.50	23.50	23.50	23.50	23.50	23.50	23.50	23.50
น้ำหนักโดยเฉลี่ยของก้อน	(ชม.):	371.00	371.00	371.00	371.00	371.00	371.00	371.00	371.00	371.00	371.00
น้ำหนักบรรทุก	(ชม.):	8.72	8.72	8.72	8.72	8.72	8.72	8.72	8.72	8.72	8.72
อัตราการเก็บรับของบรรทุก	(ตัน/ชม.):	9.18	9.18	9.18	9.18	9.18	9.18	9.18	9.18	9.18	9.18
การใช้น้ำมันของรถบรรทุก	(ลิตร/น้ำหนัก):	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.59
การใช้น้ำมันของรถลากเลอร์	(ลิตร/น้ำหนัก):	8.42	8.42	8.42	8.42	8.42	8.42	8.42	8.42	8.42	8.42
ระยะทางถึงโรงงาน	(กม.):	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	23.17
ความเร็วของรถบรรทุก	(กม./ชม.):	27.66	27.66	27.66	27.66	27.66	27.66	27.66	27.66	27.66	27.66
ค่าจ้างคนงาน/น้ำหนัก	(@$2.00/ชม.):	$5.70	$4.70	$5.70	$5.70	$5.70	$5.70	$5.70	$5.70	$5.70	$5.70
ต้นทุนค่าเช่ารถบรรทุก/วัน	:	$98.04	$98.04	$98.04	$98.04	$98.04	$98.04	$98.04	$98.04	$98.04	$98.04
ต้นทุนค่าเช่าลากเลอร์/วัน	:	$120.00	$120.00	$120.00	$120.00	$120.00	$120.00	$120.00	$120.00	$120.00	$120.00
น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับลากเลอร์/น้ำหนักบรรทุก:		$5.59	$5.59	$5.59	$5.59	$5.59	$5.59	$5.59	$5.59	$5.59	$5.59
ต้นทุนเครื่องจักร/อุปกรณ์ต่อน้ำหนักบรรทุก	:	$10.25	$10.25	$10.25	$10.25	$10.25	$10.25	$10.25	$10.25	$10.25	$10.25
ต้นทุนลากเลอร์ต่อน้ำหนักบรรทุก	:	$14.25	$14.25	$14.25	$14.25	$14.25	$14.25	$14.25	$14.25	$14.25	$14.25
ต้นทุนรถบรรทุกต่อน้ำหนักบรรทุก	:	$18.25	$20.02	$21.79	$23.57	$25.34	$27.11	$28.88	$30.65	$32.43	$35.24
ต้นทุนในไร่และโรงงานต่อตัน	:	$2.86	$2.86	$2.86	$2.86	$2.86	$2.86	$2.86	$2.86	$2.86	$2.86
ค่าเช่าลากเลอร์และน้ำมันเชื้อเพลิง	:	$2.28	$2.28	$2.28	$2.28	$2.28	$2.28	$2.28	$2.28	$2.28	$2.28
ต้นทุนต่อตันของการขนส่ง	:	$0.41	$0.61	$0.81	$1.02	$1.22	$1.42	$1.63	$1.83	$2.03	$2.35
ค่าบางต่อตัน	:	$0.65	$0.65	$0.65	$0.65	$0.65	$0.65	$0.65	$0.65	$0.65	$0.65
ต้นทุนทั้งต้นต่อน้ำหนักบรรทุก	:	$54.04	$55.81	$57.59	$59.36	$61.13	$62.90	$64.67	$66.45	$68.22	$71.03
ระยะทางถึงโรงงาน (กม.)	:	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	23.17
ต้นทุนต่อตัน	:	$6.20	$2.40	$6.60	$6.81	$7.01	$7.21	$7.42	$7.62	$7.82	$8.15

ที่มา : Winrock International (1990)

ภาคผนวก ฌ

พื้นที่และผลผลิตอ้อยโรงงาน จังหวัดราชบุรี

อำเภอ	ปี 2530/31		ปี 2531/32		ปี 2532/33	
	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
เมือง	11,940	88,665	21,910	88,855	16,880	141,932
บางแพ	762	5,882	507	4,261	502	3,551
บ้านโป่ง	59,659	477,272	109,895	542,580	61,342	555,716
จอมบึง	97,615	504,543	118,326	766,155	129,980	972,760
ดำเนินสะดวก	190	1,330	-	-	-	-
ปากท่อ	21,492	96,492	14,609	57,520	16,504	131,552
โพธาราม	111,984	727,388	178,163	890,588	129,604	509,812
สวนผึ้ง	26,064	114,355	47,832	163,913	69,836	196,652

ที่มา สำนักงานเกษตรจังหวัด ราชบุรี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฌ (ต่อ)

พื้นที่และผลผลิตอ้อยโรงงาน จังหวัดราชบุรี

อำเภอ	ปี 2527/28		ปี 2528/29		ปี 2529/30	
	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
เมือง	12,620	100,960	9,180	73,440	11,440	91,520
บางแพ	708	2,800	654	5,232	654	5,232
บ้านโป่ง	66,463	520,320	24,120	192,960	72,453	579,624
จอมบึง	141,600	47,170	129,074	653,141	129,250	764,520
ด่าเนินสะดวก	1,000	8,000	600	4,200	100	-
ปากท่อ	16,997	82,040	13,560	87,640	14,102	101,306
โพธาราม	48,013	318,600	74,030	592,240	79,502	573,878
สวนผึ้ง	130,915	741,048	74,065	469,046	64,400	414,512

ที่มา สำนักงานเกษตรจังหวัด ราชบุรี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฌ ต่อ

พื้นที่และผลผลิตอ้อยโรงงาน จังหวัดกาญจนบุรี

อำเภอ	ปี 2527/28		ปี 2528/29		ปี 2529/30	
	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
เมือง	233,017	1,864,136	231,550	1,852,400	231,550	1,852,400
ท่าม่วง	115,960	1,159,600	115,960	1,159,600	108,942	871,536
ท่ามะกา	98,980	791,840	98,328	787,036	98,328	983,280
พนมทวน	158,000	1,100,000	158,000	1,100,000	130,214	1,041,712
บ่อพลอย	234,006	1,872,046	213,242	1,705,936	201,339	1,610,712
เลาขวัญ	102,000	714,000	110,000	770,000	121,000	968,000
ไทรโยค	39,540	310,920	38,985	292,387	31,652	253,216
ทองผาภูมิ	2,340	18,720	2,371	18,968	2,510	20,080

ที่มา สำนักงานเกษตรจังหวัด กาญจนบุรี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฌ ต่อ

พื้นที่และผลผลิตอ้อยโรงงาน จังหวัดกาญจนบุรี

อำเภอ	ปี 2530/31		ปี 2531/32		ปี 2532/33	
	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
เมือง	170,291	1,192,037	267,151	2,137,308	192,323	1,538,584
ท่าม่วง	146,865	1,314,630	104,244	817,952	129,977	1,039,816
ท่ามะกา	98,328	983,280	98,328	786,624	94,108	752,864
พนมทวน	153,214	1,220,000	148,641	1,189,128	151,226	1,209,808
บ่อพลอย	179,691	1,437,520	166,702	1,333,616	188,837	1,510,696
เลาขวัญ	114,324	765,219	95,033	760,264	103,495	827,960
ไทรโยค	38,985	272,895	49,857	398,856	68,391	547,128
ทองผาภูมิ	2,510	20,080	2,510	20,080	2,510	20,080

ที่มา สำนักงานเกษตรจังหวัด กาญจนบุรี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฌ ต่อ

พื้นที่และผลผลิตอ้อยโรงงาน จังหวัดนครปฐม

อำเภอ	ปี 2527/28		ปี 2528/29		ปี 2529/30	
	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
เมือง	40,1130	321,040	41,548	324,074	41,254	330,032
กำแพงแสน	150,,200	901,200	124,287	994,296	124,349	1,006,932
บางเลน	4,840	48,400	4,383	43,830	3,623	36,230
ดอนตูม	12,000	120,000	14,000	98,000	12,220	97,760

ที่มา สำนักงานเกษตรจังหวัด นครปฐม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฌ ต่อ

พื้นที่และผลผลิตอ้อยโรงงาน จังหวัดนครปฐม

อำเภอ	ปี 2530/31		ปี 2531/32		ปี 2532/33	
	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
เมือง	41,350	330,800	41,840	334,720	43,516	391,644
กำแพงแสน	121,025	883,482	116,251	930,008	115,855	926,840
นครชัยศรี	170	1,105	325	3,250	2,15	2,580
บางเลน	2,361	23,610	2,361	35,415	2,686	26,860
ดอนตูม	9,200	64,400	9,215	64,505	6,225	43,570

ที่มา สำนักงานเกษตรจังหวัด นครปฐม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ญ

ปริมาณน้ำฝนในเขตพื้นที่ปลูกอ้อยของจังหวัดราชบุรี, นครปฐม และกาญจนบุรี

ปี	ปริมาณน้ำฝน (MM) ในเขตจังหวัดราชบุรี							
	เมือง	บางแพ	บ้านโป่ง	จอมบึง	ดำเนินสะดวก	ปากท่อ	โพธาราม	สวนผึ้ง
2522	580.1	562.3	625.2	627.0	587.4	628.6	175.3	-
2523	1,019.2	1,117.1	1,041.4	754.1	763.2	1,285.7	1,358.4	-
2524	927.6	1,231.7	1,242.3	994.0	1,309.8	1,371.5	1,457.0	1,118.9
2525	1,051.5	679.0	784.4	246.3	817.0	853.4	907.3	1,213.8
2526	930.8	1,241.0	1,574.7	687.7	1,437.4	1,381.0	1,038.9	1,098.5
2527	209.7	905.0	938.2	459.0	928.9	740.7	863.3	796.7
2528	538.2	1,204.1	1,105.0	696.0	1,298.9	1,347.2	960.2	1,530.5
2529	1,180.0	1,106.8	825.3	854.0	1,280.0	1,233.3	730.2	980.0
2530	998.0	949.2	1,046.0	851.4	1,214.4	1,165.7	995.7	1,206.2
2531	1,134.8	1,194.6	966.2	593.7	1,175.9	1,192.9	811.8	1,304.9
2532	-	3,121.8	721.1	591.3	775.0	899.4	-	927.5
2533	-	973.7	667.7	471.6	1,211.9	862.7	-	1,032.8

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ญ ต่อ

ปี	ปริมาณน้ำฝน (MM) ในเขตจังหวัดนครปฐม อำเภอ				
	เมือง	กำแพงแสน	บางเลน	ดอนตูม	นครชัยศรี
2522	963.7	753.5	641.9	984.9	654.7
2523	910.9	913.5	1,141.7	1,137.0	1,192.0
2524	1,208.6	1,015.1	1,042.9	1,114.1	1,330.3
2525	464.0	728.9	1,070.0	662.5	1,229.9
2526	914.0	1,198.4	1,361.7	1,173.0	1,111.5
2527	-	536.4	772.3	670.9	1,026.1
2528	964.2	932.0	1,023.9	897.0	959.3
2529	1,084.9	1,233.8	1,368.4	1,395.9	965.7
2530	857.1	707.9	810.8	925.3	847.0
2531	899.5	896.2	1,113.4	1,047.8	1,004.2
2532	746.7	847.4	891.3	835.6	705.2
2533	1,085.6	701.2	-	1,145.6	595.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ญ ต่อ

ปี	ปริมาณน้ำฝน (MM) ในเขตจังหวัดกาญจนบุรี อำเภอ							
	เมือง	ท่าม่วง	ท่ามะกา	พนมทวน	ปอพลอย	เลาขวัญ	ไทรโยค	พนมทวน
2522	768.9	864.4	743.2	804.7	737.8	505.2	964.2	1,456.3
2523	1,142.0	925.1	911.0	1,150.0	798.0	837.5	1,056.9	1,314.3
2524	1,134.1	867.9	1,144.6	972.5	1,148.8	671.5	1,546.1	2,438.9
2525	875.1	775.2	885.4	783.0	725.4	458.1	950.1	1,852.7
2526	1,166.6	1,355.4	1,390.4	1,424.7	1,249.0	1,226.5	1,096.9	1,410.1
2527	958.1	575.9	704.9	759.1	886.7	519.8	1,16939	1,715.3
2528	1,019.3	1,126.6	611.3	931.2	1,054.3	903.6	1,465.0	1,990.9
2529	974.1	819.2	611.0	1,090.9	848.0	968.5	1,132.8	1,531.2
2530	1,128.4	827.5	348.8	699.9	657.0	712.7	1,272.8	1,581.8
2531	1,214.6	1,036.0	378.4	930.0	1,034.1	915.6	1,335.6	1,788.4
2532	808.4	950.6	805.6	766.3	848.5	572.5	836.6	1,533.0
2533	967.4	895.4	694.0	807.0	1,247.0	988.5	850.4	1,764.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ข้อมูลด้านการผลิตและการใช้พลังงานของโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง

ก) ข้อมูลด้านการผลิตปี 2532/33

ปริมาณอ้อยเข้าหีบทั้งสิ้น 887,311 ตัน

อัตราการผลิตโดยเฉลี่ย 420.128 ตัน/ชม.

จำนวนชั่วโมงผลิตทั้งสิ้น 2,112 ชม.

ปริมาณน้ำตาลทรายดิบ 33,983 ตัน

ปริมาณน้ำตาลทรายขาว/ขาวบริสุทธิ์ 52,719 ตัน

ปริมาณน้ำตาลทั้งสิ้น 86,702 ตัน

ปริมาณกากอ้อย 25,454 ตัน

ความชื้นกากอ้อย 52.85 %

ข) ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงปี 2532/33

กากอ้อย

ใช้เป็นเชื้อเพลิงในฤดูหีบ 199,096.76 ตัน/ปี (76.4%)

ใช้เริ่มฤดูหีบใหม่ 976.63 ตัน/ปี (0.4%)

กากอ้อยเหลือใช้ 60,521.49 ตัน/ปี (23.2%)

กากอ้อยเหลือใช้

ขาย 60,521.49 ตัน/ปี

แหล่งรับซื้อ บริษัทเยื่อกระดาษสยาม

น้ำมันเตา

ปริมาณที่ใช้ 386,713 ลิตร/ปี (1 % ของพลังงานทั้งหมด)

ค) อัตราการใช้ไอน้ำจากหม้อไอน้ำ

เทอร์ไบน์ลูกหีบ 73.62 ตัน/ชม (27.59 %)

เทอร์ไบน์ไฟฟ้า 100.40 ตัน/ชม (37.62 %)

เทอร์ไบน์เครื่องย่อยอ้อย 36.87 ตัน/ชม (13.82 %)

เทอร์ไบน์มีดสับอ้อย 25.97 ตัน/ชม (9.73 %)

อื่นๆ 30.00 ตัน/ชม (11.24 %)

ง) การใช้ไฟฟ้าและไอน้ำของโรงงาน

ปี	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ (ตัน)	ปริมาณไฟฟ้าผลิตใช้เอง (KWH)
2529-30	386,263.40	11,236,000
2530-31	413,790.00	12,865,000
2531-32	520,505.00	18,043,400
2532-33	419,401.08	16,415,000

จ) รายละเอียดเครื่องจักรและอุปกรณ์

หม้อไอน้ำ

ขนาด 60 ตัน/ชม. 360 °c ความดัน 2 เมกกะพาสคาลจำนวน 5 ตัว อากาศร้อนออกจากเตาที่ 230 °c ใช้กากอ้อยและน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง

เครื่องกำเหนิดไฟฟ้าแบบกังหัน

ขนาด 2,500 กิโลวัตต์ จำนวน 3 ตัวและ 10,000 กิโลวัตต์ จำนวน 1 ตัว ความดันไอน้ำเข้า 1.8 เมกกะพาสคาล ที่ 330 °c ความดันไอน้ำออก 0.15 เมกกะพาสคาล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฎ

อัตราการเปลี่ยนแปลงราคาน้ำมันเตา ไฟฟ้า ไฟฟ้าซื้อคืน เศษอ้อย กากอ้อยและค่าใช้จ่ายด้านแรงงานและซ่อมบำรุง

ปี	Escalation Rate (%)		
	ไฟฟ้า	น้ำมันเตา	ไฟฟ้าซื้อคืน
2534-35	6	11.83	7.06
2535-36	5	10.88	6.05
2536-	4	4.83	5.04

หมายเหตุ : อัตราการเปลี่ยนแปลงราคาเศษอ้อย และ ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานและซ่อมบำรุงกำหนดให้เท่ากับ อัตราเงินเฟ้อในปี 2534 เท่ากับ 5%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

สถิติการใช้ไฟฟ้าที่ซื้อจากการไฟฟ้าของโรงงานน้ำตาลตัวอย่างปี2532-2534

ปี	เดือน	จำนวนหน่วย (KWH)	จำนวนเงิน (บาท)
2532	มค.	20,000	339,655
	กพ.	14,600	343,499
	มีค.	55,600	96,917
	เมย.	69,000	189,043
	พค.	88,600	148,118
	มิย.	100,600	191,514
	กค.	91,800	156,654
	สค.	121,400	210,637
	กย.	121,000	215,602
	ตค.	122,400	207,740
	พย.	132,200	237,663
	ธค.	143,000	319,190
2533	มค.	78,200	334,212
	กพ.	45,200	283,219
	มีค.	32,200	368,092
	เมย.	78,000	240,433
	พค.	102,968	182,755
	มิย.	96,600	171,838
	กค.	103,200	189,826
	สค.	123,730	217,466
	กย.	100,460	186,591
	ตค.	101,090	180,538
	พย.	94,380	182,810
	ธค.	240,120	390,383

ที่มา : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค ต่อ

สถิติการใช้ไฟฟ้าที่ซื้อจากการไฟฟ้าของโรงงานน้ำตาลตัวอย่างปี2532-2534

ปี	เดือน	จำนวนหน่วย (KWH)	จำนวนเงิน (บาท)
2534	มค.	65,420	230,924
	กพ.	14,470	337,802
	มีค.	3,850	96,215
	เมย.	66,320	233,323
	พค.	94,580	166,054

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ราคากากอ้อย ณ หน้าโรงงานน้ำตาล

ปี	ราคา (บาท)
2527	100
2528	100
2529	100
2530	100
2531	100
2532	120
2533	120
2534	120

ที่มา : บริษัท เยื่อกระดาษสยาม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ถ

การพยากรณ์ราคากากอ้อย

ปี	ราคา (บาท/ตัน)	ราคา (บาท/เมกกะจูล)
2535	123.75	0.0164
2536	127.14	0.0169
2537	130.71	0.0174
2538	134.28	0.0178
2539	137.86	0.0183
2540	141.43	0.0188
2541	145.00	0.0193
2542	148.57	0.0197
2543	152.14	0.0202
2544	155.71	0.0207
2545	159.28	0.0212

หมายเหตุ : ค่าความร้อนของกากอ้อยเท่ากับ 7.53 MJ/KG

การพยากรณ์ด้วยเทคนิค LINEAR REGRESSION

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ท

อัตราดอกเบี้ยเงินกู้และเงินฝากประจำปี 2534

เดือน	ภายในประเทศ			ต่างประเทศ
	อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	อัตราดอกเบี้ยเงินฝาก		อัตราดอกเบี้ยเงินกู้
		มีกำหนดเวลา	เบิกเกินบัญชี	
	(%)	(%)	(%)	(%)
มกราคม	13.50	16.25	16.50	9.5
กุมภาพันธ์	13.00	16.00	16.25	9.0
มีนาคม	13.00	16.00	16.25	9.0
เมษายน	12.50	15.00	15.25	9.0
ค่าเฉลี่ย	13.00	15.81	16.06	9.125

ที่มา : วารสารสถานการณ์เศรษฐกิจ ธนาคารไทยพาณิชย์
ปีที่ 11 ฉ.5 พฤษภาคม 2534

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ธ

จำนวนวันที่ผลิต, ปริมาณอ้อยเข้าหีบและอัตราการหีบอ้อย ปี 2525/26-2532/33
ของโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง

ปี	จำนวนวันที่ผลิต (วัน)	ปริมาณอ้อยเข้าหีบ (ตัน)	อัตราการหีบอ้อย (ตัน/ชม.)
2525/26	111	899,506.90	337.65
2526/27	86	706,756.35	342.42
2527/28	83	717,304.00	360.09
2528/29	77	707,489.00	382.84
2529/30	73	662,356.83	378.05
2530/31	81	756,643.86	389.73
2531/32	107	1,056,752.06	411.50
2532/33	88	887,311.01	420.13

ที่มา : ฝ่ายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีน้ำตาล
สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก น

อัตราการหีบอ้อยของโรงงานน้ำตาลตัวอย่างประจำปี 2534-2545

ปี	อัตราการหีบอ้อย (ตัน/ชม.)
2534	431.74
2535	443.73
2536	455.72
2537	467.70
2538	479.69
2539	491.67
2540	503.66
2541	515.65
2542	527.64
2543	539.62
2544	551.61
2545	563.60

หมายเหตุ : พยากรณ์โดยใช้เทคนิค LINEAR REGRESSION

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

เนื้อที่เพาะปลูกอ้อยทั้งประเทศ ผลผลิตอ้อยทั้งประเทศ ปริมาณน้ำฝนในเขตพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศ ผลผลิตอ้อยโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง และ ปริมาณกากอ้อยของโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง

ปี	เนื้อที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศ (พันไร่) 1	ผลผลิตอ้อยทั้งประเทศ (พันตัน) 2	ปริมาณน้ำฝนทั้งประเทศ (MM) 3	ผลผลิตอ้อยโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง (พันตัน) 4	ปริมาณกากอ้อยโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง (% ผลผลิตอ้อย) 5
2523	2730	12612.47	57347	-	-
2524	2927	18651.65	55091	-	-
2525	3857	30263.80	51728	-	-
2526	3645	23916.34	57056	-	-
2527	3607	23087.20	48386	-	-
2528	3424	25053.11	52741	-	-
2529	3443	21138.03	51864	707.49	27.41
2530	3370	24400.95	52217	662.36	27.61
2531	3664	27188.82	58980	757.64	27.31
2532	4133	36695.91	49116	1056.75	26.13
2533	4298	33560.07	54119	887.31	29.35

หมายเหตุ : แหล่งที่มา 1 ศูนย์สถิติการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

3 กรมอุตุนิยมวิทยา

2,4 และ 5 สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ป

ราคาส่งออกน้ำตาลเฉลี่ยในปี 2520-2532

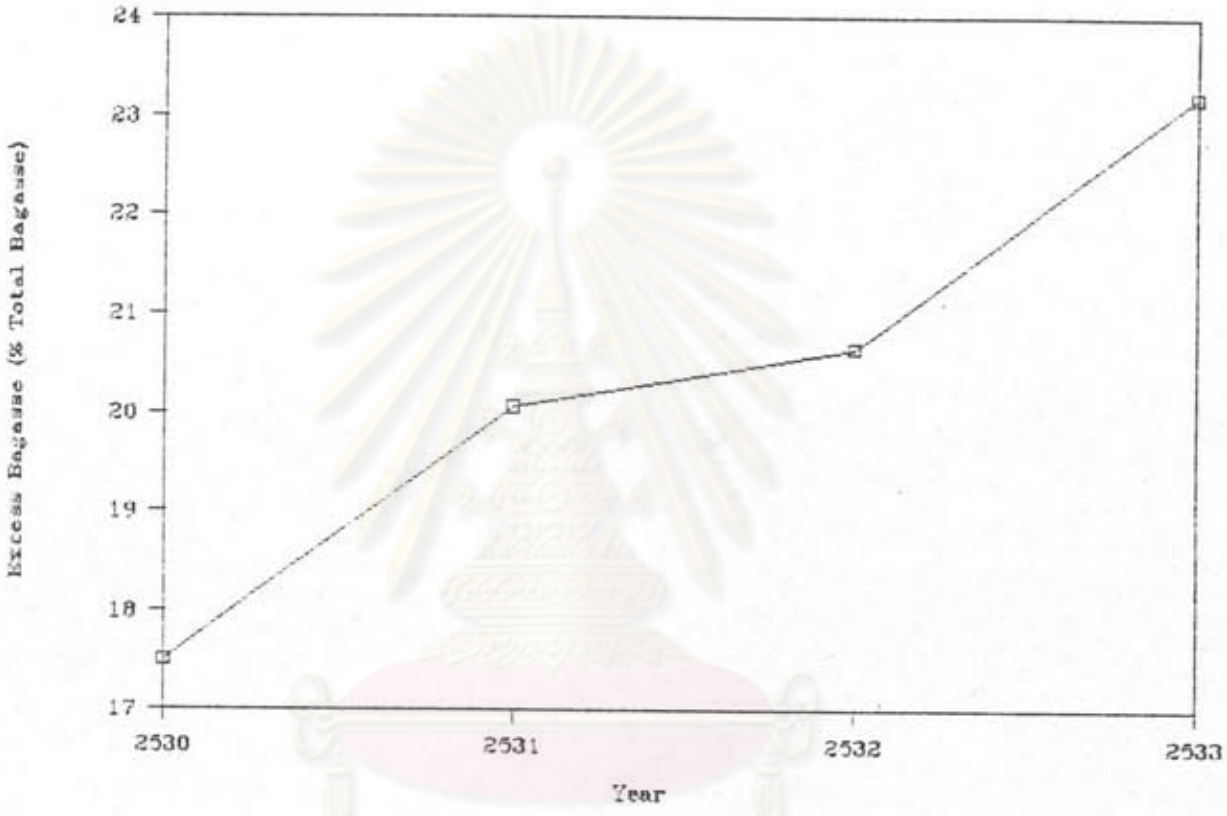
ปี	ราคาส่งออกผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ย (บาท/ตัน)
2520	4515.91
2521	3833.87
2522	3979.21
2523	6530.33
2524	8016.41
2525	6527.58
2526	4098.61
2527	4154.48
2528	3596.27
2529	3731.84
2530	4226.17
2531	5205.31
2532	6422.48

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ผ

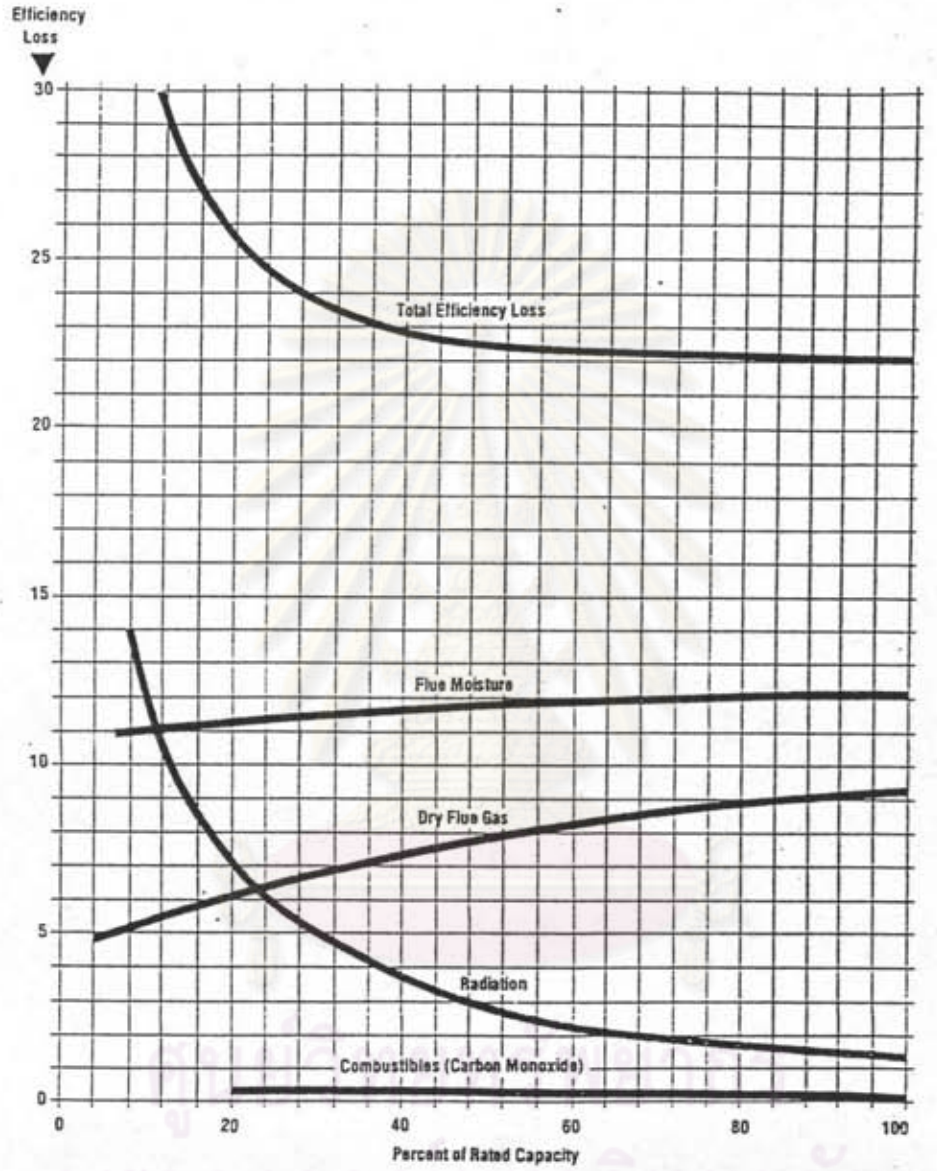
ปริมาณกากอ้อยเหลือใช้



จากกราฟแสดงปริมาณกากอ้อยเหลือใช้ตั้งแต่ปี2530-2533 ในรูปเปอร์เซ็นต์ของปริมาณกากอ้อยทั้งหมดของโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่าปริมาณกากอ้อยเหลือใช้ของโรงงานน้ำตาลตัวอย่างมีอัตราเพิ่มขึ้นทุกๆปี ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้ไอน้ำอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นก่อให้ปริมาณกากอ้อยมากยิ่งขึ้น การศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ปริมาณกากอ้อยเหลือใช้ในอนาคตเท่ากับ 23.2 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณกากอ้อยทั้งหมดของโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง (ปี 2533) เนื่องจากไม่สามารถทราบได้ว่าในอนาคตทางโรงงานสามารถพัฒนาการใช้ไอน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเพียงใดแต่ถ้าโรงงานน้ำตาลดังกล่าวสามารถพัฒนาการใช้ไอน้ำให้ดีขึ้นเรื่อยๆยิ่งจะเป็นผลดีต่อโครงการผลิตไฟฟ้าดังกล่าว

ภาคผนวก ฝ

การสูญเสียประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำที่ภาระการผลิตต่างๆ



ที่มา Samuel G. Dukelow (1981)

จากตารางความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการผลิตไอน้ำที่ภาระต่างๆและประสิทธิภาพหม้อไอน้ำจะเห็นได้ว่าอัตราการผลิตไอน้ำที่เต็มกำลังการผลิตจะมีอัตราการสูญเสียประสิทธิภาพน้อยที่สุดคือ 22 เปอร์เซ็นต์ และที่ภาระการผลิตไอน้ำที่ 12 เปอร์เซ็นต์กำลังการผลิตจะทำให้ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำลดลง 8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนภาระการผลิตไอน้ำที่ กำลังการผลิตเกิน 40 เปอร์เซ็นต์ จะมีอัตราการสูญเสียประสิทธิภาพน้อยมากคือเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์

ภาคผนวก พ

การวิเคราะห์ความไวเพื่อหาแนวทางที่โครงการผลิตไฟฟ้าขนาด 5 เมกกะวัตต์และ 10 เมกกะวัตต์ จะได้รับเลือก

ในบทที่ 5 ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์ความไวของโครงการที่ได้รับเลือกคือ การผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายขนาด 1 เมกกะวัตต์ ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ความไวของโครงการผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายขนาด 5 เมกกะวัตต์และ 10 เมกกะวัตต์ ว่าจะได้รับเลือกเมื่อตัวแปรต่างๆได้แก่ เงินลงทุน อัตราไฟฟ้าซื้อคืน และ ต้นทุนเศษอ้อยเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

ผลการเปลี่ยนแปลงเงินลงทุน

ตารางที่ 1 และรูปที่ 1 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงเงินลงทุนของโครงการผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายขนาด 10 เมกกะวัตต์ ผลจากการศึกษาพบว่าการลดเงินลงทุนของโครงการผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายขนาด 5 เมกกะวัตต์ ลงเท่ากับเงินลงทุนในการผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายขนาด 1 เมกกะวัตต์ ยังไม่สามารถทำให้ผลตอบแทนภายในมีค่าเป็นบวกได้ แต่การลดเงินลงทุนของการผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายขนาด 10 เมกกะวัตต์ ลง 42.94 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ผลตอบแทนภายในมีค่ามากกว่าผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการ ดังนั้นถ้าสามารถลดเงินลงทุนในการผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายขนาด 10 เมกกะวัตต์ลงได้ 42.94 เปอร์เซ็นต์ โครงการดังกล่าวจะได้รับเลือก

ผลการเปลี่ยนแปลงราคาไฟฟ้าซื้อคืน

ตารางที่ 2 และรูปที่ 2 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงราคาไฟฟ้าซื้อคืนของโครงการผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายขนาด 5 เมกกะวัตต์ ตารางที่ 3 และรูปที่ 3 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงราคาไฟฟ้าซื้อคืนของโครงการผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายขนาด 10 เมกกะวัตต์ โครงการผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายขนาด 5 เมกกะวัตต์และ 10 เมกกะวัตต์จะไดรับการเลือกแทนการผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายขนาด 1 เมกกะวัตต์เมื่อราคาไฟฟ้าซื้อคืนเพิ่มขึ้น10.56 เปอร์เซ็นต์ และ 42.46 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงราคาเศษอ้อย

ตารางที่ 4 และรูปที่ 4 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงราคาเศษอ้อยของโครงการผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายขนาด 5 เมกกะวัตต์ ตารางที่ 5 และรูปที่ 5 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงราคาเศษอ้อยของโครงการผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายขนาด

10 เมกกะวัตต์ ในกรณีที่ราคาเศษอ้อยลดลง 7.84 เปอร์เซ็นต์ และ 101.12 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้โครงการผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายขนาด 5 เมกกะวัตต์ และ 10 เมกกะวัตต์จะได้รับการเลือกแทนการผลิตไฟฟ้าเพื่อการจำหน่ายขนาด 1 เมกกะวัตต์ ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 1

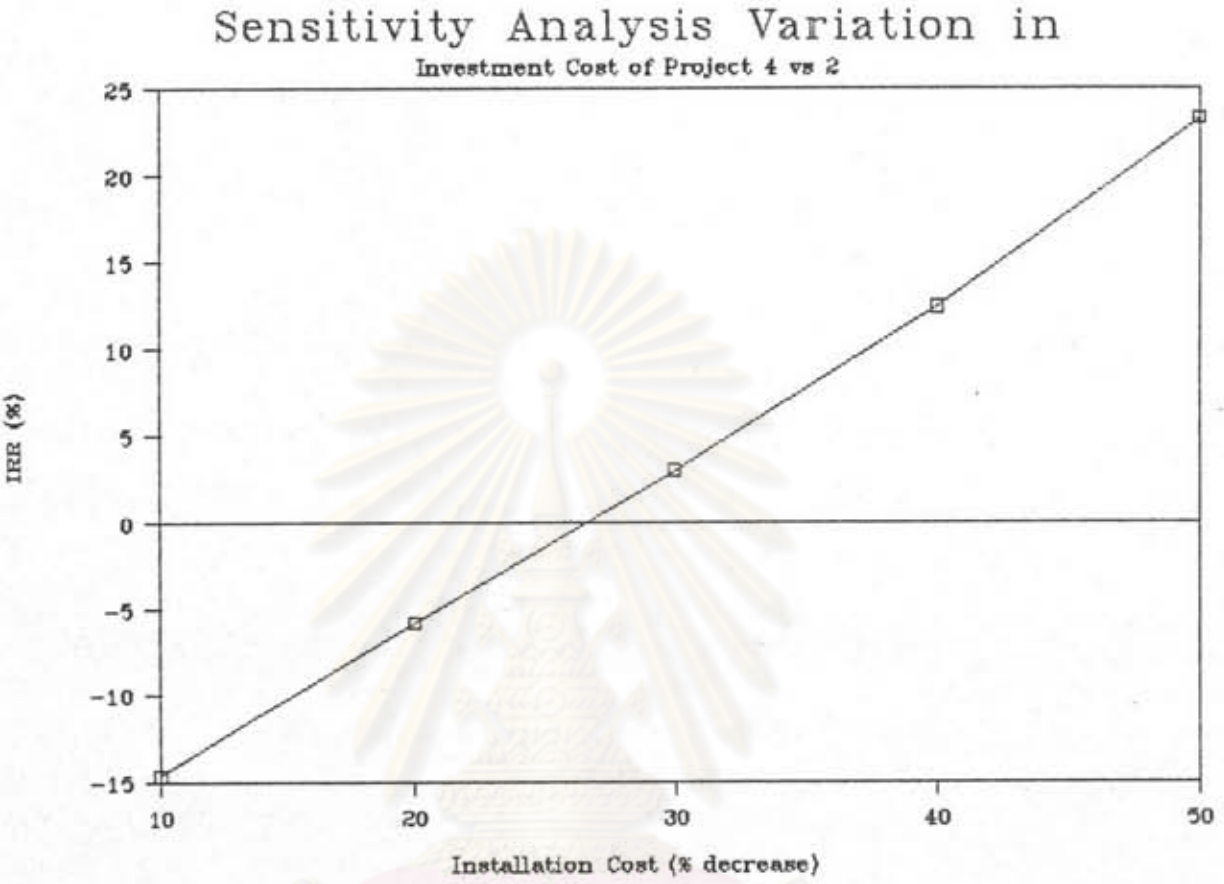
Sensitivity Analysis Variation in Installation Cost of Project 4 vs 2

Installation Cost (% decrease)	IRR (%)
10	-14.63
20	-5.86
30	2.96
40	12.41
50	23.29

Regression Output:

Constant	-24.599
Std Err of Y Est	0.789791
R Squared	0.997891
No. of Observations	5
Degrees of Freedom	3
X Coefficient(s)	0.9411
Std Err of Coef.	0.024975

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 2

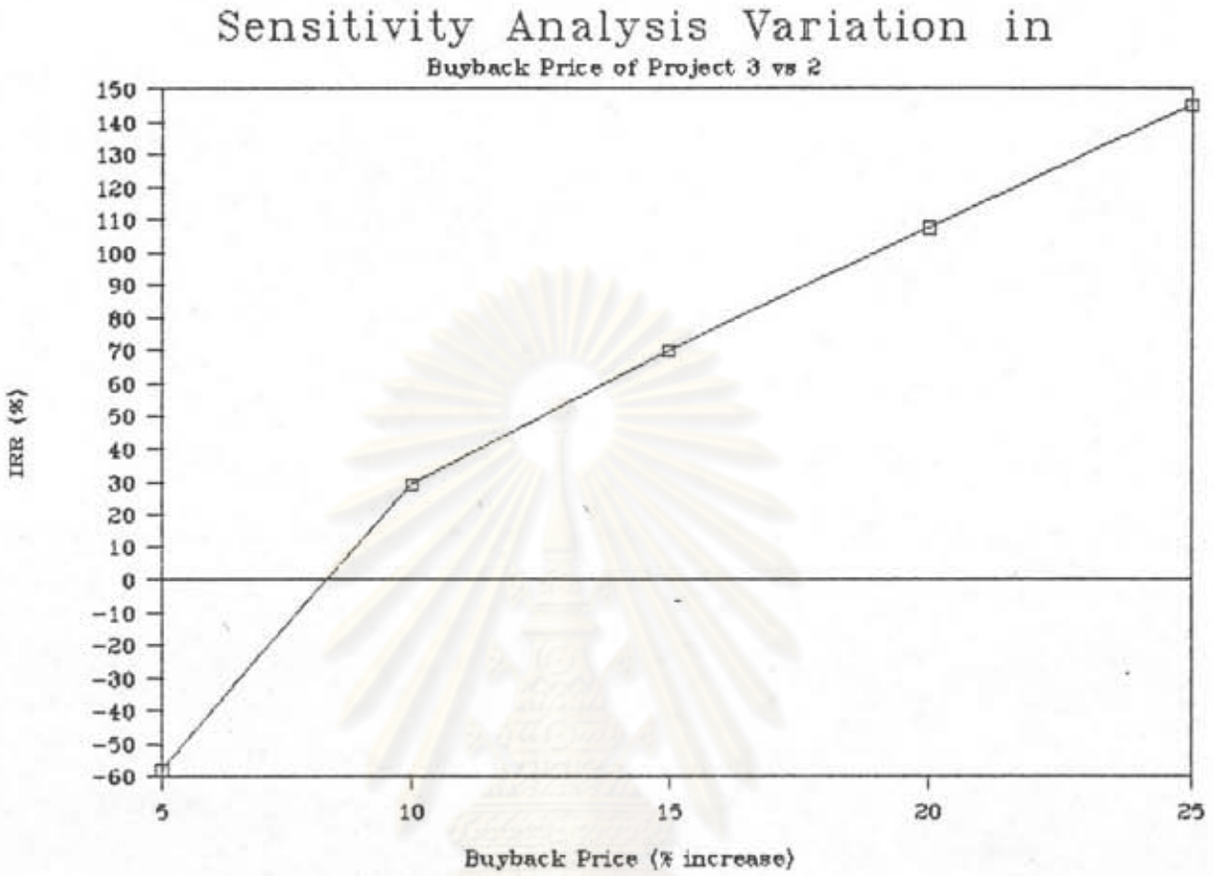
Sensitivity Analysis Variation in Buyback Price of Project 3 vs 2

Buyback Price (% increase)	IRR (%)
5	-58.08
10	29.14
15	70.03
20	107.72
25	145.04

Regression Output:

Constant	-86.676
Std Err of Y Est	18.18625
R Squared	0.959496
No. of Observations	5
Degrees of Freedom	3
X Coefficient(s)	9.6964
Std Err of Coef.	1.150199

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 3

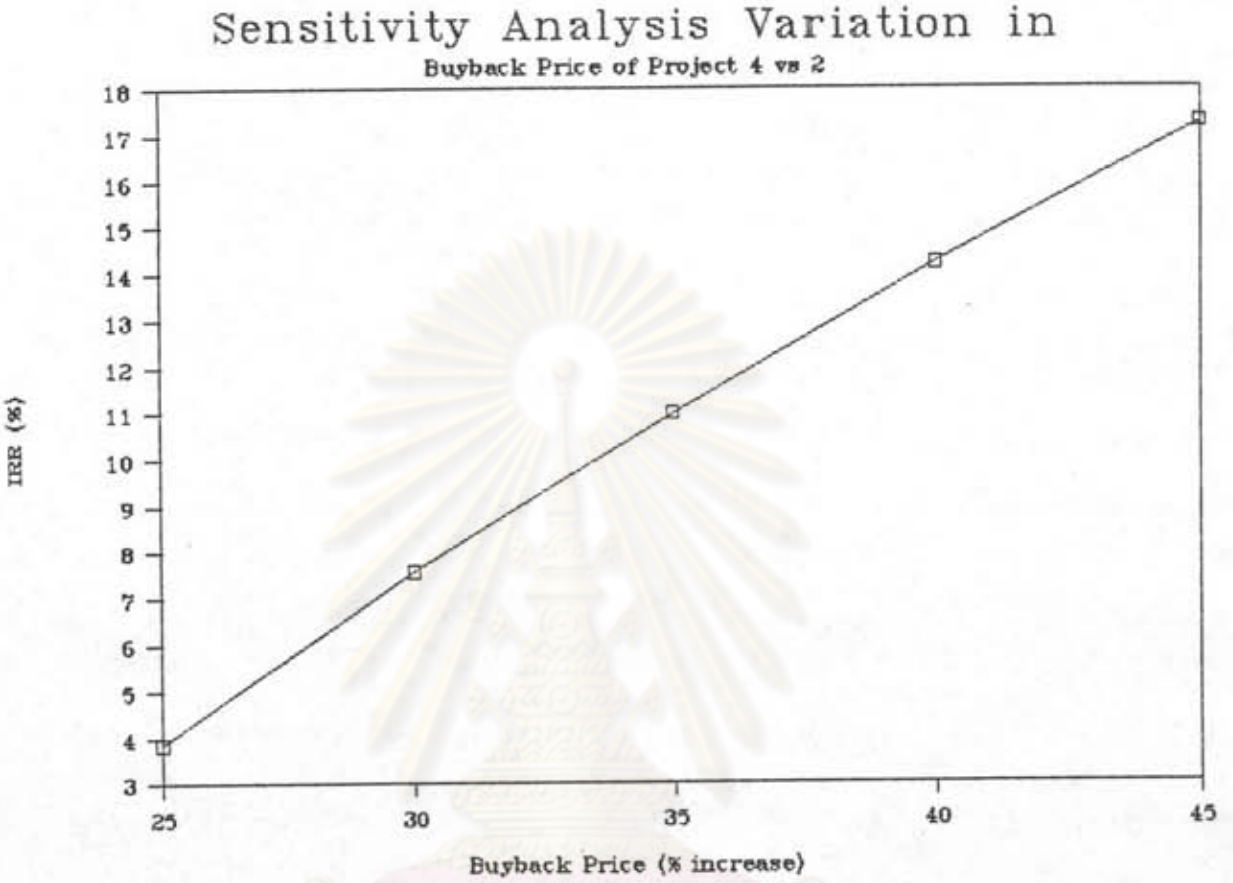
Sensitivity Analysis Variation in Buyback Price of Project 4 vs 2

Buyback Price (% increase)	IRR (%)
25	3.85
30	7.57
35	11.00
40	14.22
45	17.25

Regression Output:

Constant	-12.637
Std Err of Y Est	0.246055
R Squared	0.998379
No. of Observations	5
Degrees of Freedom	3
X Coefficient(s)	0.669
Std Err of Coef.	0.015561

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 4

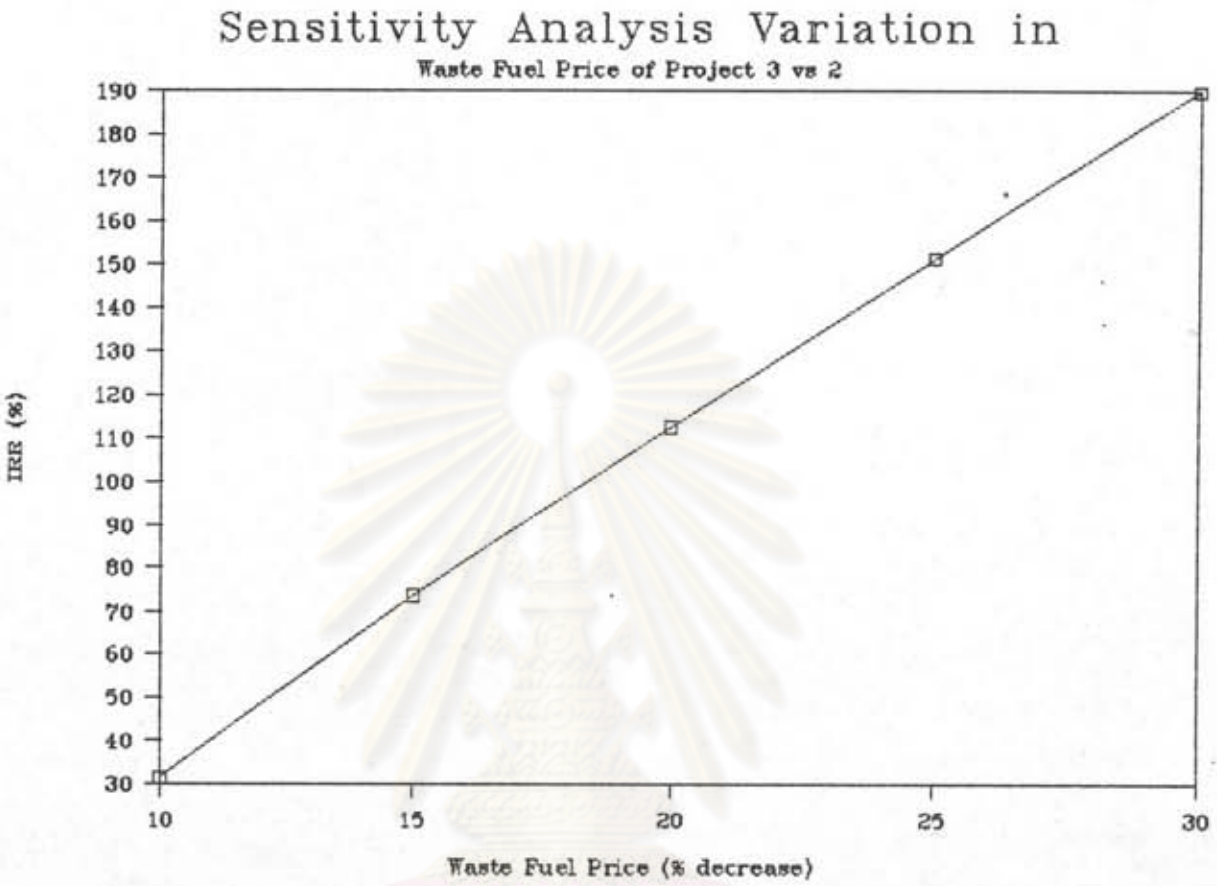
Sensitivity Analysis Variation in Waste Fuel Price of Project 3 vs 2

Waste Fuel Price (% decrease)	IRR (%)
10	31.48
15	73.52
20	112.55
25	151.23
30	189.92

Regression Output:

Constant	-46.096
Std Err of Y Est	1.229876
R Squared	0.999708
No. of Observations	5
Degrees of Freedom	3
X Coefficient(s)	7.8918
Std Err of Coef.	0.077784

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 5

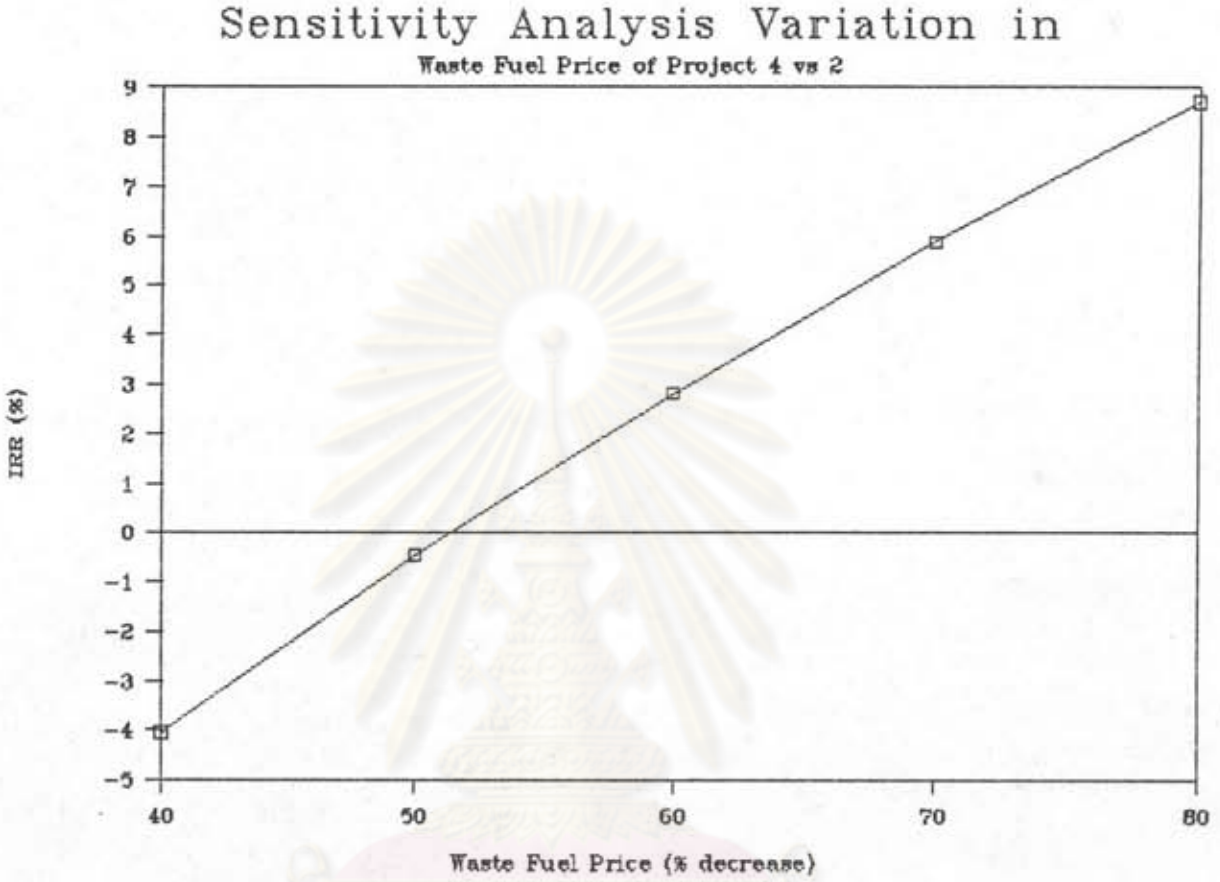
Sensitivity Analysis Variation in Waste Fuel Price of Project 4 vs 2

Waste Fuel Price (% decrease)	IRR (%)
40	-4.05
50	-0.46
60	2.82
70	5.88
80	8.72

Regression Output:

Constant	-16.546
Std Err of Y Est	0.265982
R Squared	0.997916
No. of Observations	5
Degrees of Freedom	3
X Coefficient(s)	0.3188
Std Err of Coef.	0.008411

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายประฤติ รันทกิจ เกิดวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2506 ที่อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2529 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2530 ปัจจุบันรับราชการที่สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย วรจักร กรุงเทพฯ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย