PHAN HIẾU HIỀN

NĂNG LƯỢNG trong NÔNG NGHIỆP

NHÀ XUẤT BẢN NÔNG NGHIỆP

2015

Hình trang bìa 1:

<table>
<tr><td colspan="3">Điện mặt trời (TP Hồ Chí Minh)</td></tr>
<tr><td>Máy san phẳng mặt đồng điều khiển bằng laser (Bạc Liêu)</td><td rowspan="2">NĂNG LƯỢNG
trong
NÔNG NGHIỆP

Photo: P.H.Hiền</td><td>Điện gió ở Tuy Phong (Bình Thuận)</td></tr>
<tr><td>Biogas phát điện (Bình Dương)</td><td>Phát điện từ bã mía (Tây Ninh)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Lúa gạo (Long An) trấu và rơm là nguồn năng lượng sinh khối</td><td>Thu hoạch bắp (Đồng Nai), thân lá bắp là nguồn năng lượng sinh khối</td></tr>
<tr><td colspan="3">Bản đồ bức xạ mặt trời trên thế giới
Nguồn: www.3tier.com</td></tr>
</table>

MỤC LỤC

(Xem Mục lục chi tiết ở đầu mỗi Chương)

		Trang
	LỜI NÓI ĐẦU (Bản in điện tử eBOOK, 2021)	
	LỜI NÓI ĐẦU	
	PHẦN I: CÁC VẤN ĐỀ CHUNG	
1	**Dẫn nhập**	1
2	**Năng lượng trong hệ thống sản xuất nông nghiệp**	15
3	**Năng lượng trong hệ thống chế biến nông nghiệp**	47
4	**Năng lượng và môi trường**	65
5	**Kinh tế năng lượng**	81
	PHẦN II: CÁC NGUỒN NĂNG LƯỢNG	
6	**Năng lượng không tái tạo**	105
7	**Năng lượng mặt trời**	131
8	**Năng lượng gió**	219
9	**Năng lượng sinh khối**	263
10	**Năng lượng khí sinh học (biogas)**	325
11	**Thủy năng và thủy điện cực nhỏ**	355
	Lời bạt	375
	Viết thêm... 2021	

LỜI NÓI ĐẦU
(Bản in điện tử EBOOK, 2021)

Sách "*Năng lượng trong nông nghiệp*" do Nhà xuất bản Nông nghiệp in và phát hành năm 2015, đến cuối 2020 đã được tiêu thụ hết. Do không có ý định tái bản, nên tác giả đã chuyển thành sách điện tử (*eBook*) này; coi như là bản scan của sách in, kể cả các trang bìa giới thiệu 4 nhà tài trợ đã giúp giảm giá bán sách còn một nửa. Mục đích eBook này là chuyển đến độc giả công chúng trên mạng www với *mốc thời gian* ***2015*** về năng lượng trên thế giới và ở Việt Nam, đặc biệt là năng lượng tái tạo đã phục vụ sản xuất nông nghiệp ở mức nào.

Sau 5 năm, đến 2020, rất nhiều thay đổi về năng lượng tái tạo trên thế giới cũng như ở Việt Nam, và các ảnh hưởng tương tác với môi trường trái đất. EBook nhằm giúp đối chiếu với năm ***2020***, những gì đã thành quá khứ lỗi thời...

Vì vậy, liên hệ với các *Mục* đã trình bày trong sách in, ---do không tái bản sách để cập nhật--- xin bổ sung vài ghi nhận các sự kiện nổi bật về năng lượng ở Việt Nam. [file đính kèm: eBook-NangLuongNN(VietThem)PhanHHien.doc]. Phần viết thêm này chủ yếu dựa trên các thông tin trên báo đài, không tìm tòi tham khảo các tài liệu nghiên cứu, nên chỉ có mục đích gợi mở các vấn đề cần thảo luận về tình hình năng lượng ở Việt Nam, nhất là năng lượng tái tạo và năng lượng phục vụ nông nghiệp. Tác giả mong nhận được đóng góp và phê bình của độc giả.

Phan Hiếu Hiền 2021

Ghi chú: Các ảnh chụp không ghi nguồn là của chính tác giả.

LỜI NÓI ĐẦU
(Bản in giấy, 2015)

Nông nghiệp là ngành kinh tế của hơn 2/3 người dân Việt Nam và vẫn sẽ là ngành trọng yếu trong thế kỷ 21 này, là ngành kinh tế bền vững nhất chuyển hóa năng lượng mặt trời thành cơm ăn áo mặc cho con người.

Năng lượng trong nông nghiệp (*Energy in Agriculture*) lấy từ hai nguồn: **a**) Nguồn năng lượng hóa thạch để chạy máy móc, sản xuất phân bón v.v, đã giúp tăng sức lực nhỏ nhoi của con người khoảng 0,1 ngựa thành sức mạnh của máy kéo ví dụ 100 ngựa, tức gấp 1000 lần; là năng lượng trong tất cả các tiến bộ về *Nước, Phân, Cần, Giống* đã góp phần tạo nên cuộc cách mạng nông nghiệp từ thế kỷ trước; **b**) Nguồn năng lượng mặt trời tỏa xuống mặt đất, là thành phần chủ lực tạo nên đạm, bột, đường cho con người. Nói cho đúng thì dầu mỏ than đá cũng từ mặt trời mà ra. Những nguồn năng lượng khác cho nông nghiệp ---gió, sinh khối, thủy năng, v.v--- cũng chỉ là "con cháu" của năng lượng mặt trời.

Vấn đề quan trọng là hiểu được các thành phần năng lượng đóng góp tạo nên các sản phẩm nông nghiệp, theo nghĩa rộng bao gồm lâm nghiệp và thủy sản, như lúa gạo, bắp đậu, thịt, sữa, trứng, cây gỗ, tôm cá v.v; thực sự, danh sách sản phẩm còn dài hơn, như nhiên liệu sinh học, cây dược liệu v.v. Từ đó có thể định hướng và đề ra các biện pháp về năng lượng để tăng sản phẩm nông nghiệp trong thế giới với dân số ngày càng tăng, nhiên liệu hóa thạch ngày càng cạn kiệt, và năng lượng tái tạo sẽ chiếm lĩnh trong tương lai không xa.

Tập sách nhỏ này đề cập đến: các vấn đề năng lượng trong hệ thống sản xuất và chế biến trong nông nghiệp, năng lượng trong tiêu dùng ở nông thôn; các vấn đề năng lượng liên hệ đến môi trường, chính sách, giá cả v.v; phân loại và đánh giá các nguồn năng lượng; các vấn đề kinh tế và kỹ thuật của các loại năng lượng tái tạo như mặt trời, gió, sinh khối, khí sinh học, và thủy năng, minh họa với một số ứng dụng cụ thể.

Nội dung giúp người đọc hiểu được các vấn đề trên, nhìn hệ thống nông nghiệp dưới khía cạnh năng lượng, từ đó nhận diện các vấn đề cụ thể liên quan đến địa phương của mình, xem xét yếu tố năng lượng để hiện đại hóa nông nghiệp.

Nội dung sách được phát triển từ môn học "*Năng lượng trong nông nghiệp*" cho các khóa Cao học Cơ khí ở Trường Đại học Nông Lâm TP Hồ Chí Minh từ 1995 đến nay, cập nhật với nhiều số liệu ở Việt Nam, có thể làm tài liệu tham khảo cho những người quan tâm đến vấn đề năng lượng, như nhà kỹ thuật nông nghiệp, cán bộ chính sách và khuyến nông v.v (có thể lướt qua một số mục tính toán chi tiết, chỉ cần biết các kết quả tính có ý nghĩa gì trong thực tế).

Hy vọng qua cuốn sách này người đọc có thể đồng cảm với tác giả rằng đi lên bằng nông nghiệp là bước phát triển vững chắc, có cơ sở dựa trên quan điểm về năng lượng.

Chắc chắn còn nhiều vấn đề phải bàn thảo thêm với một lĩnh vực lớn và phức tạp như Năng lượng trong Nông nghiệp. Tác giả mong nhận được đóng góp và phê bình của độc giả.

TP Hồ Chí Minh, tháng 6 năm 2015

Phan Hiếu Hiền,

Kỹ sư Canh nông (Chuyên khoa Công thôn, Génie Rurale),
M.Sc (Kỹ thuật Nông nghiệp, Agricultural Engineering),
Ph.D (Kỹ thuật Năng lượng, Energy Engineering).

Nhà giáo nhân dân, nguyên Giảng viên Khoa Cơ khí và Công nghệ,
Nguyên Giám đốc Trung tâm Năng lượng và Máy Nông nghiệp,
Trường Đại học Nông Lâm TP Hồ Chí Minh.

1 Dẫn nhập

1.1 VẤN ĐỀ NĂNG LƯỢNG VÀ NÔNG NGHIỆP 2

1.2 CÁC KHÁI NIỆM VỀ NĂNG LƯỢNG 3

1.2.1 Các đơn vị đo 3

1.2.2 Các định nghĩa và ký hiệu liên quan đến năng lượng. 4

1.2.3 Hiệu suất 6

1.2.4 Định luật I (bảo toàn năng lượng): Enthalpy 6

1.2.5 Định luật II: Entropy 7

1.3 CÁC VẤN ĐỀ VỀ NĂNG LƯỢNG TRONG NÔNG NGHIỆP 10

Năng lượng trong sản xuất và tiêu dùng 10

Cơ cấu năng lượng hiện nay 10

Các chính sách năng lượng 11

Các vấn đề và biện pháp 11

Năng lượng tái tạo và không tái tạo 11

Các vấn đề khác 11

1.4 NGÀNH HỌC NĂNG LƯỢNG TRONG NÔNG NGHIỆP 11

1.5 TÀI LIỆU THAM KHẢO 12

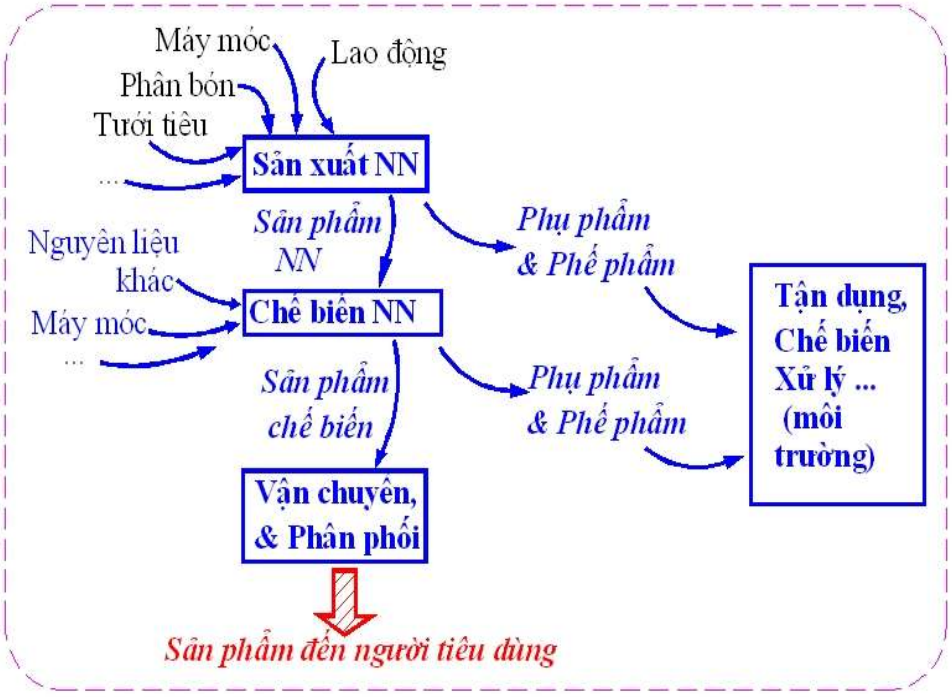
1.6 PHỤ LỤC CHƯƠNG 1: TÀI LIỆU TRÊN INTERNET 13

1.6.1 Tìm tài liệu từ Internet 13

1.6.2 Trích dẫn tài liệu từ Internet 14

1.1 VẤN ĐỀ NĂNG LƯỢNG VÀ NÔNG NGHIỆP

Trước đây, nhiều Kỹ sư Cơ khí đã học về cơ giới hóa và điện khí hóa nông nghiệp; nội dung chính là dùng năng lượng xăng dầu và năng lượng điện một cách hiệu quả, thông qua các thiết bị cơ khí thay cho năng lượng cơ bắp của con người (năng lượng "cơm"). Máy móc là một phần trong hệ thống sản xuất nông nghiệp (Hình 1.1).



Hình 1.1. Hệ thống năng lượng trong nông nghiệp

Tất cả các công đoạn trong hệ thống nông nghiệp, từ sản xuất, chế biến, đến phân phối và tiêu thụ, đều có liên quan đến năng lượng.

Hai vấn đề lớn của năng lượng trong nông nghiệp hiện nay trên thế giới là:

a. Hiểu được, mô tả được, định lượng được năng lượng được sử dụng như thế nào trong nông nghiệp, từ sản xuất đến chế biến và tiêu thụ. Nói cách khác, mô tả được dòng chảy của năng lượng trong nông nghiệp; tiếng Anh gọi là ***Agricultural Energetics*.**

b. Sử dụng ***Năng lượng tái tạo* (*Renewable Energy*)** [#1.1] để giảm dần tỷ lệ năng lượng từ dầu mỏ và than đá, được tiên đoán sẽ cạn kiệt trong tương lai không xa.

Như vậy, các đề mục trình bày trong tập sách này nhằm ***mục đích***:

(1) "Nhận dạng" được vai trò của năng lượng trong nông nghiệp, đầu vào và đầu ra.

(2) Sử dụng năng lượng hiệu quả và bền vững, qua xem xét các vấn đề kinh tế - kỹ thuật, chính sách, môi trường liên quan đến năng lượng trong nông nghiệp.

(3) Năng lượng tái tạo: đặc điểm, chuyển đổi và thiết bị, sử dụng, khả năng ứng dụng trong nông nghiệp.

1.2 CÁC KHÁI NIỆM VỀ NĂNG LƯỢNG

Phần này tóm lược một số điểm cơ bản có thể cần cho các chương sau; người đọc có thể xem lại từ các giáo trình về Nhiệt động học (*thermodynamics*).

1.2.1 Các đơn vị đo

Các đơn vị đo lường cần được viết đúng theo qui ước SI (*International System of Units*, gốc tiếng Pháp **S**ystème **I**nternationale). Các đơn vị dẫn xuất được từ 7 đơn vị cơ bản là **m, s, kg, K, A, cd, mol.**

[#1.1] *Ghi chú*: Trong sách này, không dùng từ "*Năng lượng mới*" như một số cơ quan và tài liệu Pháp đã dùng từ thập niên 1970 ("*Energies nouvelles*"). Cần rạch ròi phân biệt giữa năng lượng "tái tạo" và "không tái tạo", và tránh hiểu lầm về mốc thời gian "cũ người mới ta"; ví dụ không vì ta chưa có năng lượng địa nhiệt và năng lượng hạt nhân mà gọi cả hai là năng lượng mới. Thực sự ở Pháp hiện nay, do thói quen, năng lượng mới chính là năng lượng tái tạo. Thử truy cập vào một trang web, ví dụ http://energie-nouvelle.org/energies-nouvelles, sẽ đọc được: "Energies Nouvelles: Dit aussi les énergies nouvelles, elles interviennent dans le secteur de l'écologie et des énergies propres. Ces ressources naturelles sont le soleil, le vent, l'eau, la chaleur terrestre et les végétaux. Respectueuses de l'environnement, elles sont inépuisables par leurs renouvellements permanents. Ce sont les energies renouvelables… …". Dịch tóm tắt: "*...Năng lượng mới là mặt trời, gió, địa nhiệt, sinh khối... là năng lượng tái tạo*…". Chúng ta tôn trọng thói quen của người khác (như tôn trọng lái xe bên trái của Anh và Thái Lan), nhưng vẫn có lựa chọn riêng, như chọn lái xe bên phải ở Việt Nam như ở Pháp, Đức, Philippines…

- **N** = $kg.m.s^{-2}$ = newton (đơn vị lực). Viết tắt **N** hoặc viết nguyên **newton**
  Không viết: Newton, từ viết hoa cho người tìm ra luật vạn vật hấp dẫn.
- **J** hoặc **joule** = 1 /4,1868 cal = N.m (đơn vị năng lượng)
  Không viết Joule
- kJ , MJ , GJ , TJ , PJ. Không viết Kj

(k = kilo 10^3; M = mega 10^6; G = giga 10^9; T = tera = 10^{12} , P = peta = 10^{15})

Ghi chú: k viết thường. Trong công nghệ thông tin thường dùng K = Kbyte = 1000 byte; chỉ là quen dùng trong ngành này.

- **W** = J /s = $J.s^{-1}$ (đơn vị công suất). Viết tắt **W** hoặc viết nguyên **watt.**
  Không viết Watt
- **1 kWh = 3,6 MJ**. (đơn vị năng lượng điện, nhiệt, hoặc công)
  Không viết Kwh
- cal = calorie = nhiệt lượng để đưa 1 g nước tăng lên 1 ^oC .
  Không viết Cal, calo
- **Pa** hoặc **pascal** = $N.m^{-2}$ (đơn vị áp suất)
  Không viết Pascal
- K hoặc **kelvin** = nhiệt độ tuyệt đối.
  Không viết Kelvin, ^oK
- *Không nên*: paxơ-can, jun, oát, Xen-xi-út, niu-ton... Lý do: chữ Việt dùng mẫu tự la tinh, như Anh và Pháp. Chỉ khoảng hơn chục chữ phổ biến quốc tế, không nhất thiết phải phiên âm, vào thời buổi đã hội nhập WTO.
- Ghi chú

  - Đơn vị ở mẫu số có thể viết với 3 dạng, ví dụ: m/s, $\frac{m}{s}$, $m\ s^{-1}$.

  - Gạch chia / chỉ được dùng một lần,
    ví dụ: viết $W\ m^{-2}\ K^{-1}$ hoặc $W/(m^2\ K)$; không viết $W/m^2/K$.

  - Gộp số và đơn vị: Có khoảng cách (space) giữa từng 3 con số, và với đơn vị đo (qui ước ISO). ví dụ 123 456 789 J.

    đánh máy MS Word dùng phím Control+Space.

    Tránh: 123,456,789J hoặc 123.456.789J dễ nhầm lẫn.

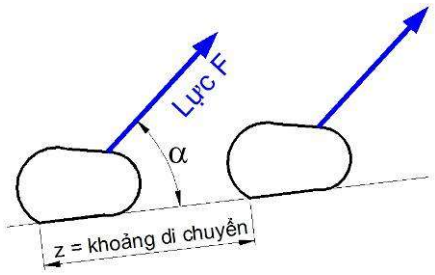
1.2.2 Các định nghĩa và ký hiệu liên quan đến năng lượng

Công (*work*)

Công W là tích số giữa thành phần lực theo hướng chuyển động của vật thể và khoảng đường di chuyển (Hình 1.2).

$$W = (F \cos\alpha)\ z = F\ z \cos\alpha$$

Đơn vị công cũng là đơn vị năng lượng: J (joule) = newton.m



Hình 1.2. Công

Công do hệ thống thực hiện ΔW (Work done by the system) theo qui ước:

(+) nếu RA khỏi hệ thống,

(−) nếu công thực hiện VÀO hệ thống (Hình 1.3).

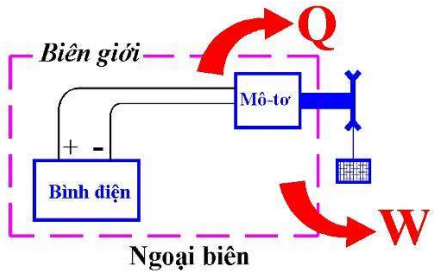
Động năng E_k (*kinetic energy*)

Là năng lượng của một vật thể do chuyển động:

$$E_k \text{ (joule)} = \frac{1}{2}\ m\ v^2$$

với: m = khối lượng vật thể, kg.

v = vận tốc vật thể, m/s.



Hình 1.3. Xác định ranh giới hệ thống

Thế năng E_g (*gravitational potential energy*)

Là năng lượng của một vật thể do vị trí của nó so với một vị trí chuẩn theo phương thẳng đứng. E_g (joule) = $m\ g\ h$

với: m = khối lượng vật thể, kg.

g = gia tốc trọng trường, m s^{-2}.

h = cao độ trên vị trí chuẩn, m. Thường, lấy mặt đất làm vị trí chuẩn = 0 m.

Năng lượng nhiệt (*thermal energy*)

Là động năng của các hạt (electron, ion, nguyên tử, phân tử) di chuyển ngẫu nhiên trong hệ thống.

Nhiệt (*heat*)

Là năng lượng nhiệt đi từ một hệ thống ở một nhiệt độ nào đó đến một hệ thống khác tiếp nối nhưng ở một nhiệt độ khác. Nhiệt luôn luôn "chảy" từ nơi nóng đến nơi lạnh.

Nhiệt trao đổi giữa hệ thống và ngoại biên (Hình 1.3):

Qui ước (−) nếu nhiệt đi RA khỏi hệ thống, do nhiệt độ hệ thống cao hơn.

(+) nếu nhiệt đi VÀO hệ thống.

Đơn vị nhiệt cũng là đơn vị năng lượng, J (joule) trong hệ S.I.

Đơn vị cũ: **cal** = calorie = nhiệt lượng để đưa 1 g nước tăng lên 1 ^{o}C.

Đơn vị Anh, Mỹ cũ: **Btu** (British thermal unit)
= nhiệt lượng để đưa 1 lb (0,4536 kg) nước tăng lên 1 ^{o}F.

1 Btu = 252 cal ≈ 1055 J.

Ghi chú: Trong ngành dinh dưỡng, hay dùng Cal, ví dụ mỗi ngày mỗi người cần 2200 Cal. Đây chỉ là qui ước quen dùng trong ngành này:
"1 Cal" = 1 kcal = 1000 cal.

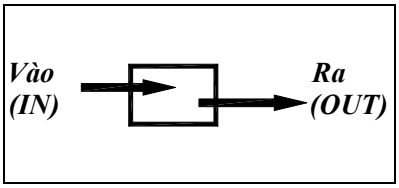
Nội năng U (*Internal energy*)

Là tổng hàm năng lượng của hệ thống, là tổng tất cả các dạng năng lượng của các phân tử và nguyên tử của hệ thống.

1.2.3 Hiệu suất

Vấn đề quan tâm nhất của sử dụng năng lượng là hiệu suất, nghĩa là rút ra được bao nhiêu từ nguồn cung cấp.

Hiệu suất $\eta = \dfrac{Ra\ (OUT)}{Vào\ (IN)} * 100\%$



Hình 1.4. Sơ đồ định nghĩa hiệu suất

Để hiểu, cần căn cứ vào ***hai định luật cơ bản của nhiệt động học***

1.2.4 Định luật I (bảo toàn năng lượng): Enthalpy

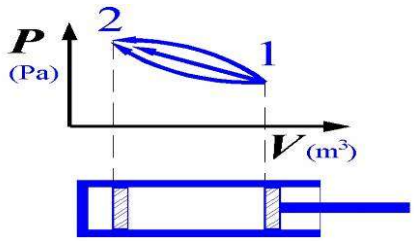
Định nghĩa: ***Enthalpy = Nội năng + Động năng + Thế năng***

Phát biểu định luật I: Năng lượng của hệ thống được bảo toàn (không mất, không thêm, chỉ chuyển đổi).

Phát biểu khác: *Tăng* Nội năng ΔU của hệ thống *bằng* Nhiệt *cộng* vào hệ thống, *trừ* Công ΔW do hệ thống thực hiện với ngoại biên.

$\Delta U_{1\text{-}2} = Q_{1\text{-}2} - W_{1\text{-}2}$ hoặc $\Delta U = \Delta Q - \Delta W$

Ví dụ: Piston di chuyển từ trạng thái 1 đến 2 (Hình 1.5).



Hình 1.5. Ví dụ về thay đổi enthalpy của hệ thống

$$W_{12} = \int_1^2 \delta W = \int_1^2 P\,dV$$

$$\delta Q = dU + \delta W$$

$$\boldsymbol{Q_{1\text{-}2} = \Delta U_{1\text{-}2} + W_{1\text{-}2}}$$

δ =tích phân không chính xác (*inexact integral*, nghĩa là tùy thuộc quỹ đạo),

khác với $\int_1^2 dV = V_2 - V_1$ không tùy thuộc quỹ đạo.

1.2.5 Định luật II: Entropy

Các phát biểu Định luật II

- (theo *Kelvin-Planck*): Không thể có động cơ hoạt động theo chu kỳ và tạo công với chỉ một nguồn trữ nhiệt.
- *(*theo *Clausius*): Không thể có thiết bị hoạt động theo chu kỳ và chỉ chuyển nhiệt từ nguồn lạnh sang nguồn nóng.
- Không thể đảo ngược các quá trình tự nhiên mà vẫn giữ nguyên hệ thống và ngoại biên.
- Entropy của toàn thể chỉ có thể tăng lên.

Entropy

Entropy S là một thông số của một hệ thống cân bằng, nghĩa là không đổi khi hệ thống đang cân bằng.

Khi nhiệt lượng ΔQ đi vào hệ thống ở nhiệt độ T (theo quá trình thuận nghịch), entropy thay đổi theo công thức $\Delta S = \dfrac{\Delta Q,\ joule}{T,\ kelvin}$.

Đơn vị entropy là J /K

Ghi chú: Bốn tính chất của một hệ thống nhiệt động gồm: Thể tích V, Áp suất P, Nhiệt độ T, và Nội năng U. Gọi là *quá trình thuận nghịch*, khi các giá trị của P, V, T, U được xác định rõ trong quá trình; nếu đảo nghịch quá trình để trở về trạng thái nguyên thủy, các giá trị này trở lại như cũ. Quá trình thuận nghịch diễn ra rất chậm, để hệ thống luôn ở trạng thái cân bằng trong quá trình này.

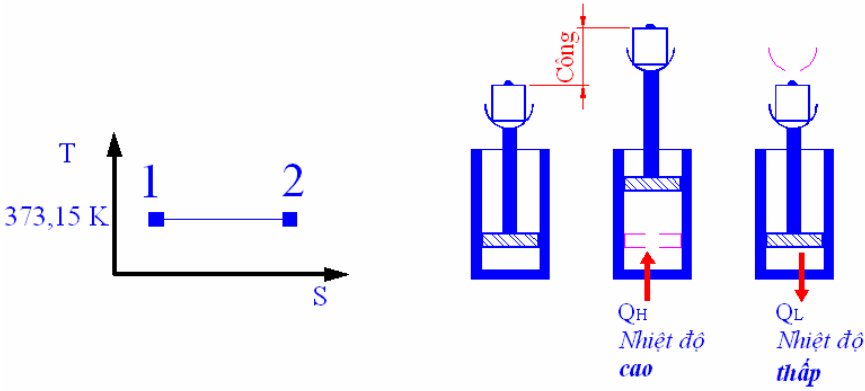
Ví dụ về thay đổi entropy ΔS của hệ thống (Hình 1.6):

Nước bốc hơi ở $T_c = 100\ ^oC$ hay $T = 100 + 273{,}15 = 373{,}15\ K$

cần nhiệt lượng $\Delta Q = 2260\ kJ/kg$

Vậy: $\Delta S = \Delta Q / T = 2260 / 373{,}15 = 6{,}06\ kJ\ kg^{-1}\ K^{-1}$

$$Q_{1\text{-}2} = \int_1^2 T \, . \, dS$$



Hình 1.6. Ví dụ về thay đổi entropy của hệ thống

Hiệu suất của động cơ nhiệt

Ở Hình 1.6, Định luật I xác định Hiệu suất η

$$\eta = \frac{Công\ RA\ \ (Work\ OUTPUT)}{Nhiệt\ \ VA`O\ \ (Heat\ INPUT)} = \frac{W}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

Định luật II xác định Hiệu suất tối đa:

$$\eta_{max} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

Đây là hiệu suất của động cơ nhiệt hoạt động theo chu kỳ Carnot.

Các công thức về entropy

$$dS_{\text{hệ thống}} + dS_{\text{ngoại biên}} \geq 0$$

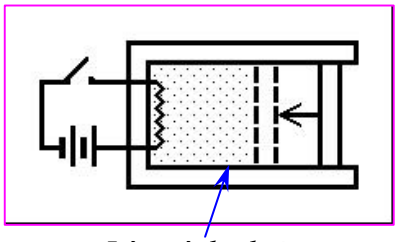
$$dS \geq \delta Q / T$$

$$S_2 - S_1 \geq \delta Q / T$$

Entropy ở hệ thống nhiệt động thay đổi áp suất

Với không khí, khi entropy không thay đổi (Hình 1.7), có thể xác định được (Van Wylen 1985):

$P_1 V_1^{1.4} = P_2 V_2^{1.4}$



Hình 1.7. Ví dụ vệ thống nhiệt động thay đổi áp suất

Ví dụ A1:

$P_1 = 100$ kPa ; $V_1 = 0{,}80$ m^3

$P_2 = 200$ kPa ; $V_2 = 0{,}49$ m^3 (ép nén piston).

Có thể đưa piston để trở về trạng thái cũ.

Ví dụ A2:

$P_1 = 100$ kPa ; $V_1 = 0{,}80$ m^3

$P_2 = 200$ kPa; $V_2 = 0{,}80$ m^3 (nung nóng không khí bằng điện trở)

Entropy trạng thái 2 > Entropy trạng thái 1. Không thể trở về trạng thái cũ:

Chỉ hạ áp suất trở về 100 kPa nếu kéo piston ra, khi đó thể tích > 0,8 m^3

Entropy của toàn thể chỉ có thể tăng lên.

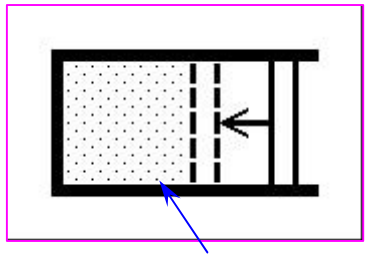
Entropy ở hệ thống nhiệt động thay đổi nhiệt độ

$P_1 V_1 = P_2 V_2$

Ví dụ N1:

P_1 = 100 kPa ; V_1 = 0,8 m^3.

V_2 = 0,4 m^3 (ép piston); và P_2 = 200 kPa, (cùng nhiệt độ).



Hình 1.8. Ví dụ về hệ thống nhiệt động thay đổi nhiệt độ

Ví dụ N2:

Cân bằng với môi trường T_1 = 0 ^oC.

P_1 = 100 kPa ; V_1 = 0,8 m^3

Thay đổi, cân bằng với T_2 =100 ^oC .

V_2 = 0,8 m^3 (không đổi). P_2 = 137 kPa; entropy đã tăng

1.3 CÁC VẤN ĐỀ VỀ NĂNG LƯỢNG TRONG NÔNG NGHIỆP

Các vấn đề về năng lượng có thể đặt ra dưới dạng các câu hỏi sau:

Năng lượng trong sản xuất và tiêu dùng

Cung cấp năng lượng là yếu tố chủ yếu cho phát triển kinh tế và xã hội ?

Năng lượng đóng vai trò quan trọng cho phát triển, công nghiệp hóa và hiện đại hóa nông thôn ? Như thế nào ? Ví dụ trong nước và ngoài nước ?

Năng lượng là yếu tố hàng đầu để giảm nghèo và tăng mức sống ?

Cơ cấu năng lượng hiện nay

Tỷ trọng năng lượng phân tán và năng lượng tập trung (điện lưới) trong nông nghiệp và nông thôn ?

Nhu cầu năng lượng của nông thôn chưa được đánh giá đầy đủ ?

Cơ cấu năng lượng thủ công và năng lượng cơ giới trong nông nghiệp và nông thôn ?

Các chính sách năng lượng

Các chính sách phát triển năng lượng chung gồm nội dung nào ?

Các chính sách phát triển năng lượng cho nông nghiệp và nông thôn ?

Tài chính năng lượng: có bao cấp ? có cho vay ?

Các vấn đề và biện pháp

Các vấn đề, trở ngại gì, cơ hội gì cho việc áp dụng năng lượng cho nông thôn ?

Sử dụng năng lượng có hiệu quả cho sản xuất như thế nào ?

Lựa chọn giải pháp nào cung cấp năng lượng cho người nghèo ở nông thôn?

Việc tư nhân hóa kinh doanh năng lượng phù hợp với qui mô nào ?

Năng lượng tái tạo và không tái tạo

Có phải dầu hỏa và than đá sẽ cạn kiệt sau 50 năm nữa (chỉ đến đời con chúng ta) ?

Tiềm năng năng lượng tái tạo (mặt trời, gió, sinh khối v.v) ở Việt Nam ?

Năng lượng tái tạo có thể sử dụng thế nào cho nông nghiệp Việt Nam ? Ngược lại, nông nghiệp có thể đóng góp gì cho an ninh năng lượng ?

Các vấn đề khác

Dân số tăng nhanh ở các nước nghèo đói liên quan thế nào đến vấn đề năng lượng ?

Dân nông thôn đổ về thành thị có phải là một khía cạnh của vấn đề năng lượng ?

v.v...

1.4 NGÀNH HỌC NĂNG LƯỢNG TRONG NÔNG NGHIỆP

Đây là ngành học khá "mới" tuy đã được hệ thống hóa ở các nước phát triển từ thập niên 1970 với khủng hoảng dầu hỏa, và nội dung có biến động trong 30 năm qua do cách nhìn nhận khác nhau về dầu mỏ. Phạm vi quá rộng, không thể bao quát thiết kế chuyên sâu tất cả. Trong phạm vi sách nhỏ này, ngoài các nội dung cơ bản về năng lượng, đã chú trọng đến những điểm liên hệ đến nông nghiệp, bao gồm các vấn đề sau.

- Nắm hiện trạng, tình hình, và các vấn đề, ví dụ:
  - ⇨ Quan điểm về phát triển và sử dụng năng lượng. Ví dụ: sử dụng trấu; củi, hay dầu hỏa, than đá v.v.
  - ⇨ Nhận thức về nhu cầu và yêu cầu của năng lượng trong nông nghiệp và nông thôn.
  - ⇨ Định hướng ưu tiên cho nghiên cứu và triển khai.
- Khả năng ứng dụng
  - Năng lượng tái tạo: để biết, đối chiếu, khai thác, khả năng ứng dụng.
  - Năng lượng không tái tạo: để sử dụng hợp lý và tiết kiệm.
- Khả năng tìm hiểu thêm, sau này muốn đi chuyên sâu (ví dụ: thiết kế) vào vài lĩnh vực năng lượng tái tạo. Nắm các tài liệu (sách báo và Internet).

Lời cám ơn:

Tác giả cám ơn Th.S Nguyễn Văn Xuân (Trường Đại học Nông Lâm Tp Hồ Chí Minh) đã đọc và đóng góp nhiều ý kiến quí báu cho chương này, cũng như một số ý kiến ở các chương khác.

1.5 TÀI LIỆU THAM KHẢO

ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers). 2006. *Use of SI (metric) units*: Standards ASAE EP285.7 Mar1988 (R2006). ASABE, USA hq@asabe.org

FLUCK R.C., C.B. BAIRD. 1980. *Agricultural energetics*. AVI Publ. Co., Connecticut, U.S.A.

STANHILL G. 1984. *Energy and agriculture.* Springer-Verlag, Berlin.

Van WYLEN. 1985. *Fundamentals of classical thermodynamics*. John Wiley &Sonc, USA.

1.6 PHỤ LỤC CHƯƠNG 1: TÀI LIỆU TRÊN INTERNET

Tìm tài liệu từ Internet

Tập sách này chỉ giới thiệu chung, để người đọc tiếp tục tìm hiểu sâu hơn. Ngòai tài liệu sách báo in, thông tin trên mạng Internet rất phong phú.

Tài liệu từ Internet thì vô số, nhưng chất lượng thì "thượng vàng hạ cám". Vấn đề là sàng lọc được vài tài liệu cần thiết trong số hàng vạn tựa đề sắp hàng trên màn hình máy tính.

Có nhiều cách tìm. Sau đây giới thiệu cách tìm qua GOOGLE.

Vào địa chỉ: http://www.google.com.vn Đánh từ khóa cần tìm, bằng tiếng Anh. Nếu bằng tiếng Việt (font Unicode) dĩ nhiên chỉ tìm được tài liệu tiếng Việt [#1.6].

Ví dụ muốn tìm tài liệu về năng lượng mặt trời, thử đánh chữ *solar energy*. Kết quả báo có 23 000 000 tài liệu! Làm sao giảm bớt con số khổng lồ này? Sau đây là một số thủ thuật:

- Đánh các từ trong dấu nháy kép: "*solar energy*". Kết quả giảm còn 14 000 000 tài liệu! Vẫn quá lớn!
- Đánh nhiều từ khóa trong dấu nháy kép, hoặc nhiều cặp từ khóa. Từ khóa phải gần với đề mục cần tìm. Ví dụ:

Đánh: "solar thermal collector": Còn 38 000 tài liệu.

Đánh: "solar thermal collector" "solar water heater": Còn 18 000 tài liệu.

Đánh: "solar thermal collector" "solar water heater" design: Còn 13 000 tài liệu.

Đánh: "solar thermal collector" "solar water heater" design pdf:: Còn 110 tài liệu.

[#1.6] Trong sách này, các từ chuyên môn được kèm tiếng Anh (*in nghiêng trong ngoặc*); mục đích để độc giả ***tiện tra cứu thêm với Google***.

Trích dẫn tài liệu từ Internet

Tài liệu từ Internet đáng được trích dẫn phải có *gần đủ các chi tiết như tài liệu in* (tác giả, tên bài, cơ quan chủ quản của website, năm công bố thông tin). *Địa chỉ website chỉ đóng vai trò thay Nhà xuất bản* trong tài liệu in giấy, và được đặt trong dấu < > ở cuối đoạn. Ví dụ:

Ratanawaraha C., N. Senanarong and P. Suriyapan.~1999. *Status of cassava in Thailand: Implications for future research and development*. Department of Agriculture, Bangkok, Thailand.
<http://www.fao.org/docrep/009/y1177e/Y1177E04.htm#ch3>

Do hạn chế về quyền xuất bản, tài liệu trên Internet thường thiếu một số chi tiết. Có thể giải quyết như sau:

a. Thiếu tên tác giả và cơ quan: Không trích dẫn, vì thiếu nguồn gốc.

b. Thiếu tên tác giả: Ghi theo tên cơ quan; hoặc *Vô danh (Anonymous) ... ... +Cơ quan*.

c. Thiếu năm công bố: Tìm theo nội dung tài liệu để ước lượng thời điểm công bố. Ví dụ tài liệu có các số thống kê năm 1997, và trích dẫn một tài liệu khác năm 1998, thì sớm lắm cũng khoảng (dấu ~) 1999 mới công bố, không thể là 1980. Mục đích là để độc giả ước lượng về độ cập nhật của tài liệu.

d. Thiếu đề tựa của tài liệu: Ta căn cứ vào nội dung để tóm tắt trong vài từ. Ví dụ: *Thông tin về khoai mì ở Thái Lan*. Không thể để trống !

Lỗi thường gặp là chỉ trích dẫn địa chỉ Internet; không cho biết đã tra cứu cái gì và của ai !

2 Năng lượng trong hệ thống sản xuất nông nghiệp

2.1 DẪN NHẬP 16

2.2 CÁC DẠNG NHẬP LIỆU CỦA NĂNG LƯỢNG NÔNG NGHIỆP 17

2.2.1 Máy móc 17
2.2.2 Nhiên liệu (xăng dầu, chất đốt, điện) 20
2.2.3 Phân bón 21
2.2.4 Thuốc bảo vệ thực vật 23
2.2.5 Giống 23
2.2.6 Tưới tiêu 24
2.2.7 Mưa và vấn đề tưới tiêu 25
2.2.8 Sấy và vận chuyển 26
2.2.9 Chuồng trại 26
2.2.10 Đất đai 26

2.3 TỶ SỐ NĂNG LƯỢNG (TSNL) 27

2.3.1 Định nghĩa 27
2.3.2 Các điểm cần lưu ý về *TSNL* 29

2.4 HÀM SỐ ĐẦU RA THEO NĂNG LƯỢNG ĐẦU VÀO 30

2.5 NĂNG LƯỢNG CHO SẢN XUẤT CỦA NGƯỜI LAO ĐỘNG 31

2.6 VẤN ĐỀ TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG TRONG NN 33

2.6.1 Các biện pháp tiết kiệm năng lượng trong sản xuất nông nghiệp 33
2.6.2 Chi phí sản xuất và năng lượng nhập khẩu ở Việt Nam 36
2.6.3 Cơ giới hóa để tiết kiệm năng lượng 38
2.6.4 Qui mô cơ giới hóa để tiết kiệm năng lượng 38

2.7 NĂNG LƯỢNG VÀ NÔNG NGHIỆP CHÍNH XÁC 39

2.7.1 Nông nghiệp chính xác ở các nước phát triển 39
2.7.2 Nông nghiệp chính xác ở các nước đang phát triển 40
2.7.3 San phẳng ruộng điều khiển bằng laser 41

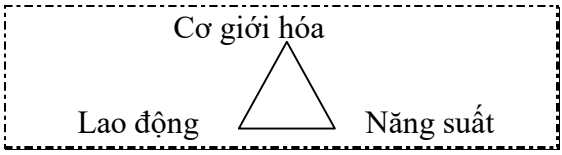
2.8 VẤN ĐỀ MÔI TRƯỜNG DO SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP 44

2.9 TÓM TẮT VỀ NĂNG LƯỢNG TRONG SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP 44

2.10 TÀI LIỆU THAM KHẢO 45

2.1 DẪN NHẬP

Nông nghiệp (**NN**) làm ra nông sản phẩm với năng lượng từ 2 nguồn. Nguồn chính từ mặt trời, qua quá trình quang hợp. Nguồn phụ thêm do con người, dùng cơ bắp hoặc năng lượng hoá thạch như dầu hỏa. Nguồn thứ nhất (mặt trời) rất lớn, khoảng 60 TJ hay 60 triệu megajoule (MJ) trên mỗi hecta mỗi năm, nhưng chúng ta thường coi như là mặc nhiên, và chỉ chú trọng đến nguồn thứ nhì để phân biệt nông nghiệp thô sơ và nông nghiệp thâm dụng năng lượng. Phân biệt hai nền nông nghiệp như thế nghĩa là xét đến các tương quan:



Cần xem xét tổng thể như là một hệ thống sinh thái (*ecosystem*). Trước hết là nhận diện, lượng hóa và phân tích các nguồn năng lượng đầu vào và đầu ra (tương tự ghi các nguồn thu và chi tiêu trong gia đình), các thành phần, tương quan, và vai trò mỗi thành phần (cái gì chủ chốt). Kết quả sản phẩm của hệ thống nông nghiệp cũng qui ra đơn vị năng lượng. Bài này nhắm ***mục đích*** giải quyết các vấn đề sau:

- Xác định tỷ số năng lượng Đầu RA / Đầu VÀO .
- Xác định Năng suất năng lượng = Sản phẩm / Đơn vị năng lượng đầu vào .
- Xác định các vấn đề liên quan đến tiết kiệm năng lượng gốc dầu hỏa.

Phương pháp xác định các chỉ tiêu trên như sau:

- Vạch ra giới hạn biên của hệ thống.
- Xác định các dạng đầu vào và số lượng tương ứng.
- Nhân với trị số năng lượng của mỗi đơn vị đầu vào.
- Xác định năng lượng đầu ra.
- Lập tỷ số năng lượng RA / VÀO (Mục 2.3)
- Xác định Năng suất năng lượng = Số lượng sản phẩm /Đơn vị năng lượng đầu vào
- Xác định các vấn đề liên quan đến tiết kiệm năng lượng gốc dầu hỏa.
- Phân tích các giải pháp khác nhau về mặt năng lượng.

Nhiều khi, rất khó tìm được giá trị bằng MJ (megajoule), phải gián tiếp suy diễn từ giá trị bằng tiền. Tuy rằng giữa giá trị bằng tiền (VNđ, USD…) và MJ thường có liên quan, nhưng mức độ liên quan khác nhau; vì ngoài liên quan đến MJ, giá tiền còn bị ảnh hưởng bởi qui luật cung cầu. Vì thế đòi hỏi nhiều cân nhắc suy xét cho từng trường hợp cụ thể.

2.2 CÁC DẠNG NHẬP LIỆU CỦA NĂNG LƯỢNG NÔNG NGHIỆP

Các nguồn đầu vào của nông nghiệp truyền thống Việt Nam theo câu "*Nhất nước, nhì phân, tam cần, tứ giống*". Nông nghiệp thời nay cũng gồm 4 thứ này, nhưng đòi hỏi phân tích chi tiết hơn, ví dụ "*Cần*" bao gồm cả lao động và máy móc chăm sóc, thuốc trừ sâu bệnh, thuốc cỏ, các công đoạn thu hoạch và phơi sấy v.v. "*Phân*" không chỉ là phân hữu cơ tự có, mà cả phân hóa học do công nghiệp cung cấp. "*Nước*" không phải chỉ nước trời mưa, mà còn từ đầu tư kênh mương, máy bơm v.v.

Các số liệu mỗi đơn vị đầu vào dưới đây trích từ 2 tài liệu chính của Fluck và Baird (1980), và CIGR (1999), và một số tài liệu khác. Do điều kiện rất khác nhau của nông nghiệp, các số liệu này thường khác nhau, nên phải trích dẫn rõ xuất xứ trước khi tính toán, để có thể cân nhắc so sánh.

Năng lượng của các nhập liệu này có thể phân loại theo nhiều cách:

- Dùng hết trong năm như nhiên liệu, phân bón, nước tưới, hay chia đều qua nhiều năm như máy móc, kênh mương.
- Gốc hóa thạch không tái tạo (dầu khí, than đá), hay năng lượng tái tạo (củi đun, năng lượng gió bơm nước, v.v).
- Trực tiếp (xăng đầu, điện), hay gián tiếp (phân bón, hạt giống, v.v).

Sau đây là các chi tiết:

2.2.1 Máy móc

Giá trị năng lượng của máy móc gồm 4 phần:

- Nguyên liệu để chế tạo máy.
  Ví dụ: Thép 45- 63 MJ /kg; Vỏ xe cao su 86 MJ /kg.
- Giá trị chế tạo, thay đổi tùy theo độ phức tạp của thiết bị. Ví dụ:
  Máy kéo (4 bánh): 14,6 MJ /kg
  Cày bừa: 8,6 MJ /kg
- Chi phí chuyên chở đến nơi sử dụng: Ước lượng chung 8,8 MJ/kg.

- Sửa chữa: Chi phí sửa chữa tùy thuộc loại máy, trình độ chế tạo và điều kiện sử dụng.

Gọi: C_R = Tổng phí sửa chữa (đơn vị tiền USD, đồng) suốt đời máy,
P = giá đầu tư máy (đơn vị tiền USD, đồng),

Tỷ số C_R/P (hoặc C_R/P %) được tổng kết ở các nước đã cơ giới hóa lâu năm, ví dụ ở Mỹ (ASABE 2006), có thể dùng tham khảo.

Chưa có các tổng kết tương tự ở Việt Nam, nhất là với các máy có giá cả khác nhau; chỉ có vài kinh nghiệm lẻ tẻ, ví dụ với các máy gặt đập liên hợp cỡ cắt dưới 2 m, C_R/P = 30%; với động cơ, ước lượng, khi sử dụng máy đến 6000- 7000 giờ, đã tiêu tổng chi phí sửa chữa bằng giá trị mua máy ban đầu (C_R/P = 100%).

Bảng 2.1. Chi phí sửa chữa các loại máy móc nông nghiệp (trích ASABE 2006)

Máy	Tuổi thọ, giờ	Tổng chi phí sửa chữa, (C_R/P) %
Máy kéo	12 000	100
Cày lưỡi	2 000	100
Cày chảo nặng	2 000	60
Bừa chảo chữ X	2 000	60
Máy gieo hàng hẹp / rộng	1 500	75
Máy phun thuốc, giàn ngang	1 500	70
Gặt đập liên hợp tự hành	3 000	40
Rơ-mooc	3 000	80

Có thể khái quát dùng biểu thức $\frac{C_R}{P} = a\ X^b$ (Fluck & Baird 1980)

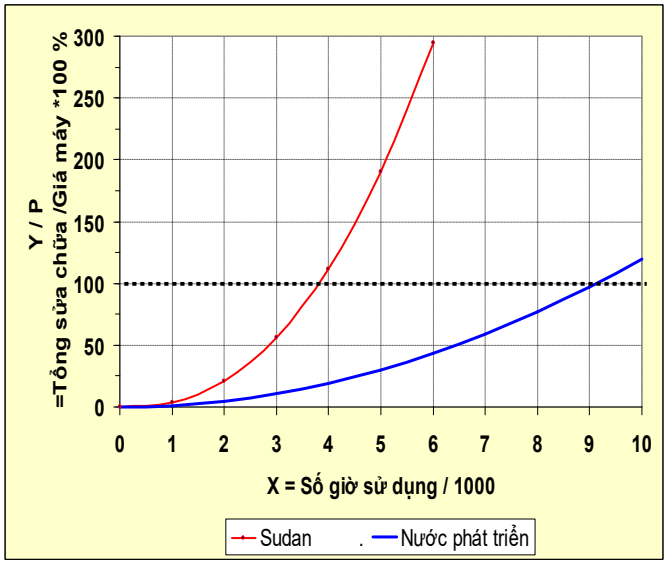
với: X = Số giờ sử dụng /1000 ;
a, b = hệ số

Ví dụ với máy kéo diesel, $\frac{C_R}{P} = 0{,}012\ X^2$ (Hình 2.1)

Biểu thức trên là tổng kết cho các nước có trình độ cơ giới hóa cao. Với các nước chậm tiến, bảo dưỡng kém, chi phí sửa chữa còn cao hơn nữa. Ví dụ, một nghiên cứu ở Sudan với máy kéo (Ahmed và ctv 1999):

$$\frac{C_R}{P} = 0{,}040\ X^{2,4}$$

Với phân tích các thành phần chi phí như trên, có thể tổng hợp chung thành một bảng, biểu thị năng lượng cho mỗi kg khối lượng máy móc, tùy vào loại máy (Bảng 2.2).



Hình 2.1. Đồ thị chi phí sửa chữa máy kéo ở các nơi sử dụng khác nhau

Ghi chú: Nếu làm đất do gia súc cày kéo, ước tính năng lượng từ sức kéo của gia súc, số giờ làm việc, và thức ăn. Có thể ước lượng tính theo số giờ làm việc của gia súc (Hatirlia và ctv 2005).

Ví dụ: Ngựa 10 MJ/giờ. Trâu 7,5 MJ/giờ. Bò 5 MJ/giờ.

Bảng 2.2. Chi phí máy móc với 4 thành phần (nguyên liệu, chế tạo, chuyên chở, và sửa chữa)

Thiết bị	*Equipment*	MJ/ kg máy
Máy kéo	*Tractor*	138
Cày	*Plow*	180
Bừa chảo	*Disc harrow*	149
Máy gieo trồng	*Planter*	133
Máy bón phân	*Fertilizng machine*	129
Cuốc quay	*Rotary hoe*	148
Gặt đập liên hợp	*Combine-harvester*	116

Nguồn: CIGR 1999.

2.2.2 Nhiên liệu (xăng dầu, chất đốt, điện)

Năng lượng của nhiên liệu

= Nhiệt lượng phát ra + Năng lượng chế biến và vận chuyển.

Ví dụ, 1 lít diesel có nhiệt trị 38,7 MJ; tuy nhiên để có được năng lượng này, cần năng lượng để chế biến và chuyên chở đến nơi, với số trung bình qua các khảo sát là 9,1 MJ; như vậy, ta đã tiêu thụ 38,7 + 9,1 = 47,8 MJ khi dùng lít diesel này. Tương tự 1 kWh điện tương đương 3,6 MJ, nhưng để sản xuất được kWh này, đã phải bỏ ra 8,4 MJ; vậy dùng 1 kWh điện tương đương dùng 12 MJ (= 3,6 + 8,4).

Bảng 2.3. Năng lượng của nhiên liệu

Loại	Nhiệt trị	+ Năng lượng chế biến và vận chuyển.	= Tổng chi phí năng lượng
Xăng	38,2 MJ /Lit	+8,1 MJ /Lit	= 46,3 MJ /Lit
Dầu diesel	38,7 MJ /Lit	+9,1 MJ /Lit	= 47,8 MJ /Lit
Dầu F.O	38,7 MJ /Lit	+9,1 MJ /Lit	= 47,8 MJ /Lit
Khí LPG (hóa lỏng)	26,1 MJ /Lit	+6,2 MJ /Lit	= 32,3 MJ /Lit
Khí đốt thiên nhiên	41,4 MJ /m^3	+8,2 MJ /m^3	= 49,5 MJ /m^3
Than đá	30,2 MJ /kg	+2,4 MJ /kg	= 32,6 MJ /kg
Điện	3,6 MJ /kWh	+8,4 MJ /kWh	= 12,0 MJ /kWh
Gỗ	17,6 MJ /kg	+1,3 MJ /kg	= 18,9 MJ /kg

Nguồn: CIGR 1999.

Lưu ý: Dùng điện, phải chịu chi phí sản xuất và truyền tải cao hơn nhiều so với năng lượng tích chứa. Tuy nhiên, điện là năng lượng "cao cấp" cần cho động cơ điện và các thiết bị điều khiển, nên tốn thêm nhiều cũng phải chịu cho các ứng dụng này. Ngược lại, dùng điện để phát nhiệt là sự lãng phí trong đa số trường hợp.

Bảng 2.4 ghi chi phí dầu diesel cho một số máy nông nghiệp tiêu biểu.

Bảng 2.4. Tiêu thụ dầu diesel của một số máy nông nghiệp

Thiết bị	Lit / ha	Thiết bị	Lit / ha
Cày lưỡi	25 ± 7	Bón phân ly tâm	2 ± 0,5
Cày chảo	22 ± 5	Bón phân chuồng	7 ± 2
Cày ngầm (Chisel plow)	13 ± 2	Máy phun thuốc, treo	1,5 ± 0,5
Bừa đĩa nặng	9 ± 3	Máy phun thuốc, kéo	3 ± 0,5
Bừa đĩa nhẹ	7 ± 2	Gặt đập liên hợp	18 ± 2
Máy sạ hàng	5 ± 0,5	Cắt cỏ, dao tịnh tiến	4 ± 0,5
Máy gieo hàng rộng	5,5 ± 1	Cắt cỏ, dao quay	5,5 ± 0,5
Lưỡi xới mũi	9 ± 2	Thu hoạch cỏ	25 ± 5
Lưỡi xới quay (phay)	20 ± 4	Thu hoạch củ cải đường	60 ± 10
Cuốc quay	4 ± 1		[60-80]

Nguồn: CIGR 1999.

2.2.3 Phân bón

Phân bón cung cấp dưỡng chất (≈ 15 chất) cho cây trồng. Có loại cần với số lượng lớn (N, P, K) có loại chỉ ở mức vi lượng (Cu, Fe, Mg, v.v). Cân đối năng lượng thường chỉ xét các loại ***phân hóa học*** với số lượng lớn.

- Phân N: Số liệu năng lượng khá thống nhất, vì qui trình khá đồng đều, do sản xuất từ khí đốt thiên nhiên, hoặc tổng hợp từ ammonia.
- Phân P_2O_5: Ví dụ superphosphat sản xuất từ mỏ đá phosphate.
- Phân K_2O: năng lượng khai thác là chủ yếu.

Trong 3 loại trên, N là cơ bản và chiếm nhiều năng lượng nhất (đơn vị tính = kg N, ví dụ 1 kg urea có 0,46 kg N).

Theo qui ước (Âu Châu và Việt Nam), ba con số (ví dụ 16-16-8) chỉ hàm lượng N - P_2O_5 - K_2O, gọi tắt là N-P-K.

Năng lượng trong phân bón thay đổi theo qui trình sản xuất. Có thể tổng hợp từ hai nguồn CIGR (1999), và Fluck (1980) thành số liệu chung ở Bảng 2.5.

Bảng 2.5. Năng lượng trong phân hóa học

Loại	Chế tạo, MJ /kg	+ Đóng gói và Chuyên chở	= Tổng, MJ/kg
N	69,5	8,6	78,1
P_2O_5	7,6	9,8	17,4
K_2O	6,4	7,3	13,7
Ghi chú: Phân hỗn hợp, cộng thêm 1,1 MJ/kg cho năng lượng trộn phân.			

Có thể tính năng lượng các loại phân hỗn hợp nếu biết được 3 thành phần chính trên, dựa theo Bảng 2.5. Ví dụ:

- Phân urê chứa 46% N, vậy 1 kg có 78,1 MJ /kg * 0,46 = 35,93 MJ /kg.
- Phân DAP (diammonium phosphate) chứa 18% N và 46% P_2O_5,
  vậy 1 kg có 78,1 * 0,18 + 17,4 * 0,46 + (1,1 trộn) = 23,16 MJ /kg.

Ghi chú: "trộn" là năng lượng để trộn đều các thành phần, MJ/kg.

- Phân NPK chứa 16% N, 16% P_2O_5, và 8% K_2O,
  vậy 1 kg có 78,1 * 0,16 + 17,4 * 0,16 + 13,7 * 0,08 + (1,1 trộn)
  = 17,48 MJ /kg.

Ví dụ (trên một loại đất và cây trồng cụ thể) khuyến cáo bón
100 N, 80 P_2O_5, và 90 K_20 /ha, nghĩa là năng lượng từ phân bón
= 100 kg * 78,1 MJ/kg + 80 kg * 17,4 + 90 kg * 13,7 = 10 435 MJ /ha.

Phân chuồng cung cấp dưỡng chất không đáng kể. Ví dụ: N cho 1 ha bắp, cần 0,2 tấn phân urea hoặc 120 tấn bón phân chuồng, nghĩa là cần khối lượng hàng trăm lần nhiều hơn. Tuy nhiên, tác dụng chính của phân chuồng là cải tạo đất, tức là giữ bám phân hóa học và tăng hiệu quả sử dụng phân hóa học. Vì vậy, khi tính toán về mặt năng lượng tuy không đáng kể; ta cũng tính từ hàm lượng N, P, K trong phân chuồng, và qui đổi theo Bảng 2.5. Phần chính là năng lượng *chuyên chở*, tính theo chi phí vận chuyển (xem Chương 3). Ví dụ đơn giá chở bằng xe là 3 MJ /(tấn.km), nếu 1 ha cần 20 tấn phân, chở từ chuồng trại xa 4 km, thì chi phí năng lượng là 3 MJ /(tấn.km) * 20 tấn/ha * 4 km = 240 MJ/ha.

Nông nghiệp Việt Nam trước đây nhập khẩu mỗi năm hơn 5 triệu tấn phân hóa học các loại, trong đó khoảng 2/3 để bón cho cây lúa. Từ 2004 đến nay, lần lượt các Nhà máy Phân Đạm Phú Mỹ và Cà Mau ở phía Nam, và Đạm Hà Bắc và Ninh Bình ở phía Bắc đi vào hoạt động, với tổng công suất 2,3 triệu tấn, đã đáp ứng yêu cầu phân đạm trong nước.

Ví dụ Nhà máy Đạm Phú Mỹ tại Bà Rịa-Vũng Tàu khánh thành năm 2004, đầu tư 370 triệu USD, công suất 0,8 triệu tấn phân urê /năm từ nguồn khí đồng hành, khí thiên nhiên do Việt Nam khai thác. (PVFCCo. 2012).

Tuy vậy, dù nhập hay sản xuất trong nước, nếu ước lượng giá mua 1 kg phân hóa học bằng giá bán 2 kg lúa, thì để sản xuất 38 triệu tấn lúa như gần đây, chúng ta đã dùng phân bón tương đương 7 triệu tấn lúa, nghĩa là đầu vào phân bón bằng khoảng 20% giá trị đầu ra. Tính theo đơn vị năng lượng, kết quả ra cũng xấp xỉ như thế.

2.2.4 Thuốc bảo vệ thực vật

Thuốc bảo vệ thực vật (BVTV) bao gồm thuốc phòng trừ sâu, bệnh và cỏ dại. Danh mục các hoạt chất khá khác nhau nên chi phí năng lượng cũng khác nhau nhiều. Bảng 2.6 liệt kê các thuốc tiêu biểu, lưu ý một số nay đã bị cấm sử dụng, như 2,4-D.

Ngoài ra, tính thêm phần bao bì, chuyên chở khoảng 20- 30% giá trị trên (chọn tỷ lệ thấp với giá trị cao, và ngược lại).

Tuy các giá trị năng lượng trên thay đổi nhiều, nhưng do số lượng sử dụng không nhiều (một vài kg /ha), nên để đơn giản, có thể lấy một *trị số chung trung bình cao 400 MJ/kg*, cho tất cả các loại thuốc trừ sâu bệnh, mà không ảnh hưởng nhiều đến độ chính xác tổng thể.

Bảng 2.6. Năng lượng trong thuốc BVTV

Sản phẩm	MJ /kg	Sản phẩm	MJ /kg
THUỐC CỎ		*THUỐC BỆNH*	
MCPA	130	Ferbam	61
2,4-D	85	Maneb	99
2,4,5-T	135	Captan	115
Dicamba	295	Benomyl	397
Fluazilop b.	518	*THUỐC SÂU*	
Alachlor	278	Methyl parathion	160
Chlorsulfuron	365	Carbofuran	454
Atrazine	190	Lindane	58
Paraquat	460	Cypermethrin	580
Glyphosate	454	Malathion	229
Ghi chú: MJ /kg hoạt chất			
			(Nguồn: CIGR, 1999)

2.2.5 Giống

Kỹ thuật di truyền từ 1960 với các giống lúa mì và lúa nước đã tạo ra cuộc "Cách mạng Xanh" ở châu Á và châu Mỹ La-tinh, tương tự như ở Mỹ với các giống bắp lai từ 1940. Tổng kết khoảng 40% tăng năng suất là do các giống mới, 60% còn lại từ các kỹ thuật khác

như phân hóa học, thuốc sâu bệnh, cơ giới hóa v.v (Chrispeels và Sadava 2002). Vậy cân đối năng suất và năng lượng, *dùng giống cải thiện là tiết kiệm năng lượng nhất*.

Sản xuất 1 kg hạt giống cần chăm chú hơn và chọn lọc hơn so với sản xuất đại trà; nên năng suất cũng thấp hơn. Tính năng lượng từ nhiều công đoạn, chi phí do đó cũng cao hơn sản xuất hạt bình thường. Ví dụ: sản xuất hạt giống bắp lai 104 MJ/kg, so với bắp thường13 MJ/kg; hạt giống lúa 17- 25 MJ/kg, so với lúa thường13 MJ/kg.

Hiện tại ở Việt Nam, giá giống bắp lai cao gấp 10 giá bắp thương phẩm; giá giống lúa chỉ cao gấp 1,5 giá lúa thịt. Đây cũng là các chỉ điểm về năng lượng bỏ ra.

Dẫu vậy, tốn thêm chút năng lượng cho giống tốt sẽ lãi to về năng lượng tích chứa trong vụ thu hoạch.

Thử so sánh: Nếu 1 ha cần 100 kg lúa giống, nếu dùng giống xác nhận thay vì giống từ lúa thịt, năng lượng thêm cho giống là 100 kg * (25–13) MJ/kg = 1200 MJ ha; năng suất lúa tăng thêm được cỡ 10% hay 600 kg/ha hay tương đương 600 kg * 13 MJ/kg = 7800 MJ ha, nghĩa là về mặt năng lượng đã lợi gấp 6,5 lần (=7800 /1200). Trong chương trình trọng điểm hiện nay "*1 phải 5 giảm*" của Bộ Nông nghiệp-PTNT, "1 phải" chính là dùng giống xác nhận (*certified seed*), rất đúng đắn trên quan điểm năng lượng.

2.2.6 Tưới tiêu

Lý thuyết, để nâng 1 m^3 nước (1000 kg) lên 1 m, cần 9810 J hay 0,01 MJ. Thực tế, cần 0,014- 0,024 MJ /m^3, vì ngoài năng lượng bơm nước; phải kể luôn năng lượng đào mương, đặt ống dẫn, thiết bị v.v. Bơm nước cũng hao tổn năng lượng và tùy thuộc nhiều yếu tố:

- Nguồn động lực: Nếu dùng động cơ diesel, tùy thuộc chế độ vận hành để đạt suất tiêu hao nhiên liệu tối ưu; thường vận hành ở tốc độ bằng 60- 70% tốc độ tối đa, và momen xoắn ở 75- 80% momen tối đa. Nếu dùng động cơ điện, năng lượng sử dụng tùy thuộc hiệu suất chuyển đổi điện. Hiệu suất chuyển đổi điện tùy thuộc nguồn phát điện: nếu từ nhiệt điện chỉ đạt 20%, từ thủy điện đạt 50%, chưa tính đến tổn thất truyền tải điện khoảng 15% và tổn thất chuyển trở lại từ điện ra cơ khoảng 10%.

- Hiệu suất máy bơm: Tùy loại bơm, bơm ly tâm lưu lượng nhỏ hoặc trung bình đạt 50- 80%; bơm hướng trục lưu lượng hơn 500 m^3/h có thể đạt 90%.
- Hiệu suất sử dụng nước: Do các tổn thất như bốc hơi, thẩm lậu, thoát tràn v.v, như vậy tùy loại hình tưới tiêu. Tưới tràn có hiệu suất nhỏ nhất, chỉ 20- 45%; tưới phun vòi nhỏ đạt 70- 80%; tưới phun vòi lớn trung tâm 50- 60%; tưới nhỏ giọt đạt cao nhất 90%.

Như vậy, bài toán tối ưu về năng lượng và chi phí tưới tiêu tùy thuộc vào chi phí đầu tư ban đầu, giá điện hoặc diesel, và lượng nước có thể cung cấp.

Số liệu chung ở Mỹ:
tưới mặt đất 466 MJ/(ha. năm); tưới phun 800- 1700 MJ /(ha. năm)

Chancellor (2002) tính với lượng nước tưới cho cây lúa 100 m^3 /ha /ngày (gồm 50 m^3 cho sinh trưởng và 50 m^3 thất thoát do bốc hơi và thấm xuống), nếu bơm từ thủy cấp 1 m, cần năng lượng khoảng 1 MJ. Dĩ nhiên, bơm sâu hơn 1 m, tăng năng lượng tăng theo tỷ lệ tương ứng. Vậy với vụ lúa 100 ngày và bơm từ 5 m, cần 500 MJ/ha.

2.2.7 Mưa và vấn đề tưới tiêu

Tính về số lượng, nước mưa chứa năng lượng rất lớn. Mỗi 1 m^3 nước mưa (1 tấn) coi như thay cho năng lượng xăng dầu để bơm nước, tương đương 0,014- 0,024 MJ với độ cao bơm 1 m.

Vậy 1 ha * 1 mm nước mưa = 10 m^3 nước, tương đương 0,14- 0,24 MJ với độ cao bơm 1 m.

Số liệu của Chancellor (2002) cho nhu cầu tưới cây lúa nước:

1 ha * 10 mm mưa /ngày = 100 m^3 nước,
tương đương 7- 12 MJ /ngày, với độ cao bơm 5 m.

Tuy nhiên, mưa là năng lượng chuyển hóa từ năng lượng mặt trời nên tính vào phần của mặt trời (như năng lượng cho quang hợp), không tính vào phần năng lượng tác động của con người.

Vấn đề của mưa trên quan điểm năng lượng chính là sự *phân bố*. Thiếu mưa dĩ nhiên phải thêm năng lượng bơm tưới, nhưng mưa ào ạt quá dư thừa cũng ảnh hưởng đến năng lượng. Để tránh úng nước cây trồng, phải bơm tiêu thoát nước. Trên đất hơi dốc, nước mưa chảy tràn gây xói mòn, kéo theo dưỡng chất đi mất, chính là sự thất thoát năng lượng rất lớn.

Mưa là vấn đề lớn, thậm chí lớn nhất của nông nghiệp nhiệt đới. Tiếc là có rất ít nghiên cứu và kết quả về vấn đề này trên quan điểm năng lượng. Năng lượng nước mưa cũng như năng lượng mặt trời, tuy miễn phí, nhưng sử dụng thế nào cho lợi nhất và tránh tác hại do dư thừa là các vấn đề cần được quan tâm hơn nữa.

Hình 2.2. Làm đất đạt yêu cầu nông học, nhưng một cơn mưa lớn đã biến đường cày thành một mương nước chảy, cuốn trôi hom mía, đất, phân... Đó là lãng phí năng lượng. (Ảnh: P.H.Hiền)

2.2.8 Sấy và vận chuyển

Sấy và vận chuyển có thể coi là các thành phần của sản xuất ngoài đồng hoặc của nhà máy chế biến. Xem chi tiết ở Chương 3.

2.2.9 Chuồng trại

Chi phí năng lượng xây dựng chuồng trại cần được chia đều cho đời khấu hao. Ví dụ: Nhà ở 6300 MJ /m^2; Chuồng trại, nhà xưởng 1700 MJ /m^2 .

2.2.10 Đất đai

Ví dụ ở Mỹ 1977, tính giá trị đất đai 1100 USD/ha. Qui ra năng lượng, tính từ *energy intensity (cường độ năng lượng*, đơn vị MJ /USD), kết quả giá trị năng lượng của đất đai ≈ 2000 MJ /(ha. năm).

Cách tính chi phí sản xuất nông nghiệp hiện nay ở Việt Nam không kể đến giá trị đất đai, là một thiệt thòi cho nông dân. Giả sử giá đất trồng lúa 300 triệu đồng /ha, chia cho 50 năm = 6 tr.đ/năm = 3 tr.đ/vụ lúa, với năng suất 5000 kg/ha, nghĩa là = 600 đ giá trị đất đai cho 1 kg lúa. Lời 35% hay bao nhiêu, cần tính đủ yếu tố này, cũng như phải tính giá trị lao động của chính người nông dân chủ ruộng.

Sản xuất công nghiệp tính chi phí có kể đến giá trị thuê đất để lập nhà xưởng. Nông nghiệp cũng vậy, cần tính đất đai như là một thành phần chi phí sản xuất.

2.3 TỶ SỐ NĂNG LƯỢNG (TSNL)

2.3.1 Định nghĩa

Tỷ số năng lượng (*energy ratio*):

$$TSNL = \text{Năng lượng đầu RA } (output) \,/\, \text{Năng lượng đầu VÀO } (input)$$

Tỷ số năng lượng của các hệ thống canh tác khác nhau.

Có thể chia ra 3 hệ thống canh tác:

- thô sơ (du canh du cư),
- cổ truyền (dùng sức kéo của súc vật),
- hiện đại (cơ giới hóa toàn bộ).

Ví dụ 1: Lúa (Mỹ, cơ giới hóa)

Bảng 2.7. Năng lượng sản xuất lúa ở California,1977 (Fluck & Baird, 1980)

Tổng chi phí năng lượng = 45 700 MJ / ha, chia ra:	
Máy móc	6,8 %
Xăng dầu, điện	29,4 %
Phân bón, gồm N (17,7%) + khác (2,0%)	19,7 %
Thuốc sâu bệnh	4,2 %
Tưới	19,5 %
Sấy	12,7 %
Lao động (20 giờ công)	-

Bảng 2.7 ghi các chi phí năng lượng đầu vào, tổng số = 45 000 MJ /ha. Bảng này không tính năng lượng lao động. Xem Mục 2.4 về các lý do không tính. Với năng suất lúa 6,5 tấn /ha, tính được:

Hiệu quả năng lượng $= \textit{Năng suất} / \textit{Năng lượng đầu vào}$

= 6500 /45 700 = 0,14 kg lúa /MJ đầu vào.

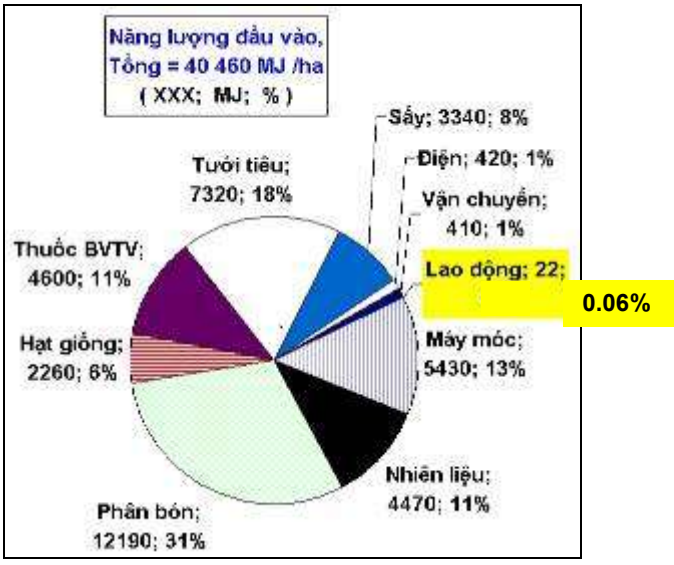
(Số nghịch đảo = 7,0 MJ /kg lúa)

Đầu ra: 1 kg lúa chứa 12,3 MJ/kg năng lượng dinh dưỡng (kể cả 57 g protein, tuy rằng tính năng của protein không phải nhắm vào năng lượng).

Ví dụ 2: Bắp (Mỹ, cơ giới hóa)

Số liệu về bắp thay đổi theo vùng địa lý và nông nghiệp. Pimentel và ctv (1999) liệt kê các mục năng lượng đầu vào (cho 1 ha) do con người tác động, tổng số là 40 440 MJ ≈ 40,4 GJ (Hình 2.3). Tuy có tính năng lượng lao động (10 giờ công /ha), nhưng số MJ quá nhỏ, chỉ chiếm 0,06% tổng số.

Nguồn năng lượng thu được từ mặt trời cho quang hợp tính khoảng 120,4 GJ, hơn gấp 3 lần năng lượng do con người tác động. Đầu ra gồm 120 GJ của 8 tấn hạt (tính với 15 MJ/kg hạt), chưa kể khoảng 250 GJ vào thân và lá cây (Fluck và Baird, 1980) Như vậy, cây và hạt chỉ thu được chưa đến 2% trong số 21 000 GJ tổng năng lượng mặt trời đổ xuống 1 ha.

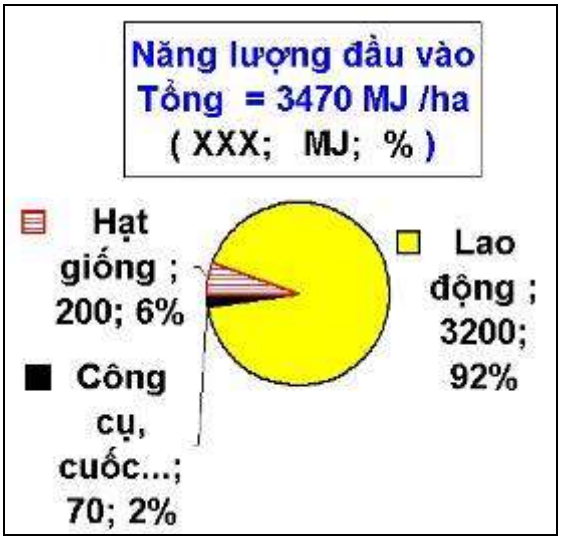


Hình 2.3. Năng lượng sản xuất bắp ở Mỹ năm 1990 (Pimentel và ctv 1999)

Ví dụ 3: Bắp (canh tác cổ truyền hoàn toàn thủ công, không hóa chất)

Chỉ với hạt giống, lao động thủ công, và vài công cụ như cuốc, rìu là cách làm ở Mexico gần một thế kỷ trước đây (Pimentel và ctv 1999). Năng

lượng chủ yếu từ cơ bắp con người, chiếm 92% của tổng số 3470 MJ/ha (Hình 2.4). Năng suất đạt thấp, 1,9 tấn/ha, qui năng lượng tương đương 29 300 MJ/ha.



Hình 2.4. Năng lượng đầu vào canh tác bắp theo cách hoàn toàn thủ công

Nếu chỉ tính năng lượng đầu ra trong hạt (chưa kể trong thân, lá v.v).

Ở Ví dụ 1 trên với lúa : $TSNL = \frac{12{,}3\,MJ/kg}{7{,}0\,MJ/kg} = 1{,}7$

Ở Ví dụ 2 trên với bắp : $TSNL = \frac{120\,400\ MJ/ha}{40\,400\ MJ/ha} = 3{,}0$

Ở Ví dụ 3 trên với bắp (xưa, thủ công) $TSNL = \frac{29\,300\ MJ/ha}{34\ 70\ MJ/ha} = 8{,}4$.

Đây là tỷ số khá cao, nhưng ít có ý nghĩa, vì năng suất cây trồng quá thấp.

2.3.2 Các điểm cần lưu ý về *TSNL*

TSNL không biểu thị hiệu suất, vì mẫu số không bao gồm năng lượng quang hợp từ mặt trời; nên *TSNL* có thể lớn hơn 1, với các sản phẩm ***trồng trọt***, do cách tính như trên. (Bảng 2.8).

Với sản phẩm ***chăn nuôi***, đầu ra là kg thịt (hoặc trứng); đầu vào gồm ♦thức ăn (sản phẩm trồng trọt), ♦xăng dầu, ♦máy móc, ♦chuồng trại; cách tính cũng tương tự. Kết quả với sản phẩm chăn nuôi, cũng như sản phẩm đã qua chế biến, *TSNL* nhỏ hơn 1 (Bảng 2.8).

Bảng 2.8. Tỷ số năng lượng của một số sản phẩm trồng trọt và chăn nuôi (Fluck 1980)

Sản phẩm	TSNL
Lúa (Mỹ)	1,5
Bắp (Mỹ)	2,5- 3,0
Nông nghiệp nhiệt đới (có một phần phân hóa học, thuốc, máy móc)	5- 10
Nông nghiệp cổ truyền	15- 50

Sản phẩm	TSNL
Bánh mì	0,6
Sữa	0,4
Gà thịt	0,1
Tôm	0,02

Sử dụng tỷ số năng lượng gặp một số *hạn chế* sau:

- Đầu vào không phân biệt về chất lượng của nguồn năng lượng. Ví dụ: năng lượng từ dầu mỏ có chi phí và chất lượng cao (tạo được nhiệt độ cao), còn năng lượng mặt trời, năng lượng nhiệt cho sấy thường có chất lượng thấp, theo nghĩa tạo nhiệt độ không cao.
- Đầu vào không định danh được phần chính và phần hỗ trợ, nên dễ bỏ sót.
- Đầu ra: Giá trị thực phẩm không chỉ là năng lượng, mà còn các điểm khác, ví dụ protein. Có thực phẩm với *TSNL* nhỏ hơn 1 nhưng vẫn cần thiết cho con người.

Vì vậy, không nên máy móc so sánh trực tiếp. Chỉ nên dùng như là một chỉ tiêu tham khảo, so sánh trong các điều kiện tương tự, "có còn hơn không".

2.4 HÀM SỐ ĐẦU RA THEO NĂNG LƯỢNG ĐẦU VÀO

Các nghiên cứu thường dùng Hàm sản xuất Cobb-Douglas (*Production function*, xem định nghĩa ở Mục 5.1.1), có dạng $Y = \beta_0\ X1^{\beta 1}\ X2^{\beta 2}\ X3^{\beta 3}\ldots$

Ví dụ một kết quả với nông nghiệp Turkey trong thời gian 1975-2000 (Hatirlia và ctv 2005):

$$Y = 8{,}07\ X1^{0{,}24}\ X2^{0{,}14}\ X3^{0{,}10}\ X4^{0{,}02} \qquad (\text{hệ số hồi qui } r^2 = 0{,}89)$$

với: Y = sản lượng hạt /năm (*1000 tấn)
$X1$ = năng lượng vật lý (từ xăng dầu, máy móc, điện), GJ
$X2$ = năng lượng từ phân bón, GJ
$X3$ = năng lượng từ hạt giống, GJ
$X4$ = biến số thời gian, chỉ sự thay đổi kỹ thuật của thế giới, năm.

Các hệ số β_i cho thấy mức tăng của biến số X_i ảnh hưởng nhiều hay ít đến biến số đầu ra.

2.5 NĂNG LƯỢNG CHO SẢN XUẤT CỦA NGƯỜI LAO ĐỘNG

Có nhiều phương pháp tính, nhưng vấn đề phức tạp và rối, vì năng lượng cơ bắp và năng lượng trí óc dù ở chung trong một con người, nhưng không đánh đồng được.

Nếu tính năng lượng từ thực phẩm cho người lao động, ví dụ ăn vào 8,4 MJ/ ngày (chuẩn Việt Nam 2200 kcal = 9,2 MJ). Nhưng đầu ra cho lao động chỉ khoảng 0,5– 1 MJ, không đáng kể, phần lớn năng lượng để sống và cho gia đình. Nói cho rốt ráo, để người lao động này làm việc được, đã nuôi ăn ít nhất 15 năm từ khi sinh ra, qui tổng số MJ và chia cho 40 năm làm việc, tính được 0,5 MJ /giờ cho "chi phí nuôi dưỡng". Con số thường dùng 1 - 2 MJ/ giờ công lao động chỉ có ý nghĩa với nông nghiệp thủ công thô sơ; nó không đáng kể với nền nông nghiệp có cơ giới, xăng dầu, và hóa chất.

Ở Bảng 2.7 (Năng lượng sản xuất lúa ở California), lao động là 20 giờ công /ha, không đáng kể để cộng vào. Ở các nước phát triển, lao động là kỹ thuật cao, không phải cơ bắp. Ngay ở nông nghiệp thô sơ, dù việc đơn giản nhất như nhổ cỏ cũng cần vận động "cái đầu, con mắt" của người để phân biệt cây cỏ và cây lúa, tức là cũng sử dụng trí óc. Nông nghiệp thủ công hiện nay (cần đến 800 giờ công /ha, tương đương 800- 1600 MJ) nhưng chỉ cần bón 100 kg u-rê (2 bao) tương đương 4000 MJ, thì tỷ trọng năng lượng của cơ bắp là thứ yếu.

Vì vậy, nên tính *tách riêng năng lượng của người lao động*, không nên qui MJ rồi cộng chung. Chỉ cộng để so sánh mức độ thâm dụng lao động ở nông nghiệp thô sơ, hoặc để so sánh cho thấy ảnh hưởng của cơ giới hóa và năng suất.

Nền nông nghiệp càng phát triển, năng lượng cơ bắp của người lao động càng giảm đi, so với năng lượng từ gốc dầu hỏa. Ví dụ ở Bảng 2.9:

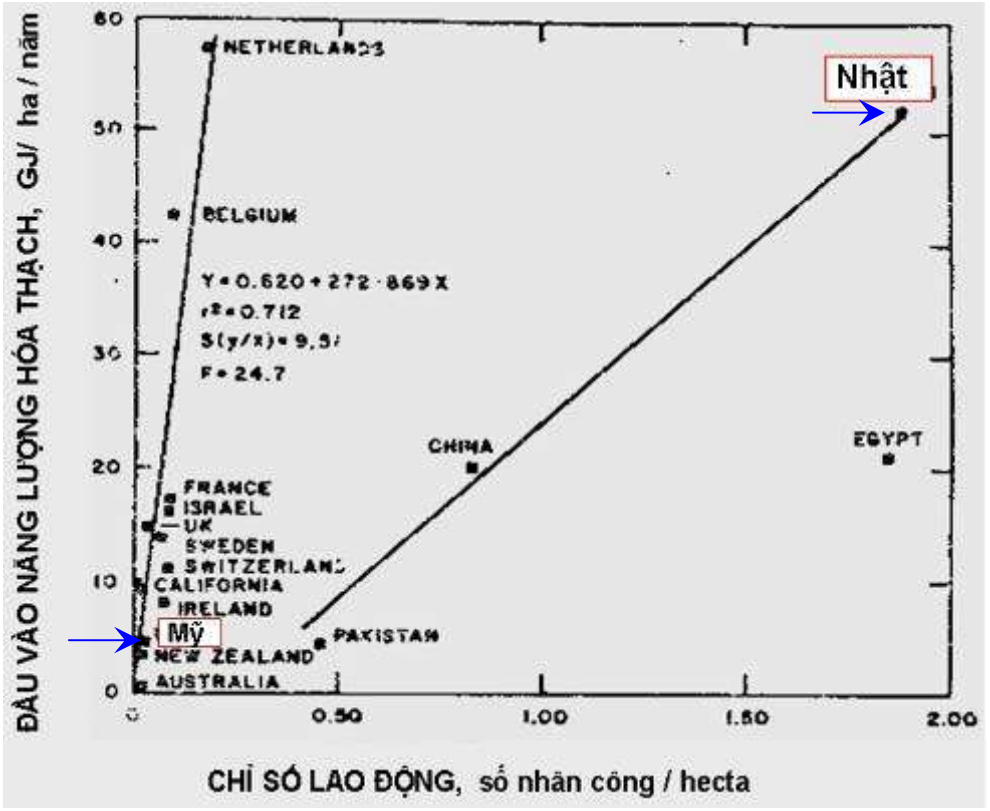
Bảng 2.9. Tương quan giữa các nguồn năng lượng ở Pháp qua các thời kỳ (MJ/ năm). Nguồn: Stanhill 1984.

	1800	1929	1970
Nguồn gốc dầu hỏa	0	8 300	275 700
Tất cả các nguồn khác	18 400	26 500	36 000
Tỷ số Gốc dầu hỏa / Các nguồn khác	*0,0*	*0,3*	*7,7*

Stanhill (1984) với số liệu từ 16 nước, lập được liên hệ giữa Z = năng lượng đầu vào dạng cơ khí và thủ công, [GJ/ha.năm]; và Y_f = năng lượng thực phẩm tạo ra, [GJ/ha.năm] :

$$Y_f = 1{,}34 * Z^{0{,}744} \qquad \text{với } r^2 = 0{,}82$$

Hình 2.5 cho thấy 2 cách làm trái ngược nhau. Mỹ sử dụng lao động tối thiểu và năng lượng cũng không cao, đã đạt năng suất cao, là nền nông nghiệp hiệu quả, cần nghiên cứu để rút các ưu điểm ứng dụng. Ngược lại, Nhật vừa thâm dụng lao động, vừa tốn nhiều năng lượng hóa thạch, chắc không phải là mô hình nông nghiệp lý tưởng để bắt chước (Giá lúa ở Nhật đắt gấp nhiều lần so với giá trung bình của thế giới, cũng là một chỉ điểm về nền nông nghiệp nhận "bao cấp" từ công nghiệp).



Hình 2.5. Liên hệ giữa mức sử dụng lao động và cơ giới
(so sánh giữa Mỹ và Nhật, cạnh mũi tên chỉ)

2.6 VẤN ĐỀ TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG TRONG NN

Cũng như công nghiệp, sản xuất nông nghiệp hiện đại cần tiết kiệm năng lượng đầu vào, mà vẫn bảo đảm sản lượng đầu ra.

2.6.1 Các biện pháp tiết kiệm năng lượng trong sản xuất nông nghiệp

Gồm các biện pháp trực tiếp để giảm năng lượng xăng dầu từ máy kéo và máy công tác, và gián tiếp từ năng lượng đầu vào khác như phân bón, thuốc trừ sâu bệnh…

a) Sử dụng máy kéo và máy công tác:

Từ nhiên liệu diesel cho động cơ máy kéo, qua bộ truyền động, qua bánh xe tạo sức kéo, qua máy công tác, đều có những tổn thất năng lượng. Tóm tắt với công thức sau (η = hiệu suất):

$$\eta_{chung} = \eta_{động\ cơ} * \eta_{truyền\ động} * \eta_{sức\ kéo} * \eta_{máy\ công\ tác} .$$

Số thực tế: (2-10%) (30-40%) (80-90%) (50-70%) (40-80%)

Dựa trên công thức này, Hernanz và Ortiz-Cãnavate (1999) đã nêu những điểm có thể tiết kiệm năng lượng trong sản xuất nông nghiệp ngoài đồng, như sau:

Chọn chế độ làm việc (số truyền, tốc độ) phù hợp để tiết kiệm nhiên liệu. Hộp số tự động (*power shift*) cho phép sang số không nhả ly hợp, nên hiệu suất cao hơn; ngược lại hộp số thủy tĩnh (*hydrostatic*) sử dụng tiện lợi hơn, nhưng hiệu suất thấp hơn. Chọn kiểu bánh cao su với áp suất hơi phù hợp giúp giảm độ trượt bánh, tăng sức kéo và tiết kiệm năng lượng. Máy công tác cần chọn kiểu loại và chế độ phù hợp, ví dụ chọn máy cày, bừa phù hợp với loại đất và yêu cầu làm đất (Xem thêm các sách về Máy nông nghiệp). Làm đất tối thiểu, làm đất theo dải, hoặc *không làm đất* (*no-tillage*) đều là các phương pháp khác nhau để tiết kiệm năng lượng; tuy nhiên cần thí nghiệm trước để cân đối với các yếu tố khác như diệt cỏ, năng suất.

b) Tiết kiệm phân bón:

Bón đúng liều lượng, đúng vị trí so với cây trồng, đúng thời điểm, sử dụng thêm phân hữu cơ để phân hóa học ít bị rửa trôi, đều là các biện pháp tiết kiệm năng lượng; như đã nói, năng lượng trong phân bón đứng hàng đầu hoặc thứ hai trong cơ cấu năng lượng cho sản xuất cây trồng.

c) Tiết kiệm thuốc bảo vệ thực vật (BVTV):

Tuy không chiếm tỷ lệ lớn về mặt năng lượng so với các nguồn đầu vào khác, nhưng thuốc BVTV ảnh hưởng nhiều đến môi trường, Đồng bằng Sông Cửu Long mấy chục năm trước tôm cá tràn đồng, nay hiếm thấy, là một ví dụ về mặt trái của việc sử dụng thuốc.

Thuốc diệt cỏ rất hữu hiệu, với rất nhiều sản phẩm đa dạng được thương mại hóa, cần được sử dụng đúng thời kỳ, khi cỏ còn nhỏ. Nhớ rằng dùng thuốc không phải là cách duy nhất để diệt cỏ, còn nhiều biện pháp khác:

- Dùng hạt giống xác nhận, sạch, không lẫn lộn hạt cỏ.
- Làm đất kỹ. Ví dụ trên đất trồng cạn, cày lật vùi và diệt cỏ tốt hơn cày không lật.
- Diệt cỏ bằng cơ giới khi chăm sóc cây trồng.

Thuốc trừ sâu bệnh cũng vậy, không phải là biện pháp duy nhất. Bố trí thời vụ thích hợp, dùng các biện pháp sinh học như thiên địch, giống chống chịu sâu bệnh v.v, giúp tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường.

d) Thu hoạch:

Quan trọng nhất là không thu hoạch trễ so với thời điểm thu hoạch tối ưu, là thời điểm đạt năng suất cao nhất. Số liệu 20 năm ở Mỹ (Jones 1985, trích dẫn bởi Hernanz và Ortiz-Cãnavate 1999) cho thấy độ giảm năng suất tỷ lệ thuận với thời gian và thời điểm thu hoạch:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = K \frac{T_{th}}{K_Z}$$

với: Y_y = năng suất (kg/ ha)

ΔY = độ giảm năng suất (kg/ ha)

K = hệ số tùy thuộc cây trồng. Ví dụ:

Lúa (California, Mỹ) K = 0,009 /ngày;

Bắp (Iowa, Mỹ) K = 0,003 /ngày.

Mía (Queensland, Úc) K = 0,003 /ngày

T_{th} = khoảng thời gian phải thu hoạch xong (ngày).

K_Z = hệ số tùy thuộc thời điểm thu hoạch.

$K_Z = 4$ nếu chia đều vụ thu hoạch đối xứng qua thời điểm tối ưu.

$K_Z = 2$ nếu bắt đầu hoặc kết thúc vụ thu hoạch vào thời điểm tối ưu. (nghĩa là sớm quá hoặc trễ quá, hao hụt gấp đôi so với trường hợp trên).

Vận dụng với Lúa ở California, $K = 0{,}009$/ngày;
thời vụ thu hoạch $T_{th} = 25$ ngày, $K_Z = 2$ (sớm hoặc trễ):

$$\frac{\Delta Y}{Y} = 0{,}009\ \frac{25}{2} = 0{,}113 = 11{,}3\ \%$$

Nếu có thể rút ngắn thời vụ xuống $T_{th} = 15$ ngày, và bố trí cân đối trước và sau thời điểm tối ưu $K_Z = 4$:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = 0{,}009\ \frac{15}{4} = 0{,}034 = 3{,}4\%$$

Ý nghĩa là độ hao hụt năng suất giảm rất nhiều nếu *thu hoạch nhanh* gọn, và *không quá sớm hoặc quá trễ*.

Nghiên cứu ở Việt Nam chú trọng đến độ tổn thất gạo nguyên (khi xay xát) ảnh hưởng bởi thời điểm thu hoạch (Trương Vĩnh và ctv 2009). Độ tổn thất này thay đổi tùy giống lúa và mùa vụ (đông xuân hoặc hè thu). Số liệu thu hoạch trễ 6 ngày so với thời điểm tối ưu, tổn thất (giảm năng suất) trung bình với 7 giống lúa và 2 vụ thu hoạch là 10,2%, với độ biến động khá lớn, từ 2,2 đến 28%.

Ở Việt Nam hiện nay tiết kiệm năng lượng mới giới hạn trong các biện pháp nông học, cụ thể là chương trình "*3 giảm 3 tăng*", sau đó bổ sung thành "*1 phải 5 giảm*" trong sản xuất lúa, nhằm tiết kiệm giống gieo, phân bón, thuốc BVTV v.v. Từ 2011, các biện pháp này được tích hợp trong chương trình "*cánh đồng mẫu lớn* " thử nghiệm với hơn 10 000 ha ở 15 tỉnh. Các kết quả tuy biến thiên giữa các tỉnh, nhưng đều chỉ rõ một hướng, như tiết kiệm chi phí đầu vào 120- 480 đ/kg lúa, năng suất tăng thêm 0,2- 0,7 tấn/ha, lợi nhuận của nông dân tăng 1,0- 5,3 triệu đồng /ha /vụ. (Trung tâm Khuyến nông Quốc gia 2012).

Vai trò của máy móc trong tiết kiệm năng lượng chưa rõ nét lắm, mới để ý đến vấn đề giảm căng thẳng lao động trong khâu cấy và thu hoạch. Thành tựu lớn nhất trong 8 năm vừa qua (từ 2007) là đưa được máy gặt đập liên hợp thay cho gặt thủ công hoặc máy cắt xếp dải; hiện tại diện tích thu hoạch bằng máy gặt đập liên hợp đạt trung bình chung 40%, có tỉnh đạt 80%. Cần nghiên cứu tổng thể và chi tiết hơn về khía cạnh năng lượng, đối chiếu với các yếu tố khác.

2.6.2 Chi phí sản xuất và năng lượng nhập khẩu ở Việt Nam

Số liệu trong Bảng 2.9 với cây lúa, lấy từ một khảo sát đơn lẻ năm ***2000*** ở Cần Thơ, với mục đích minh họa cho thảo luận. Cần cập nhật hơn nếu muốn khái quát thành số liệu cho một vùng nông nghiệp rộng lớn hơn. Như đã nói, tiền bạc không tuyệt đối tỷ lệ với năng lượng, nhưng là dấu hiệu để suy diễn về năng lượng tương ứng.

Có thể nhận xét:

a) Với năng suất 5000 kg/ha,
giá thành sản xuất 1 kg lúa = 5 450 000 / 5 000 = 1 090 đ (năm 2000)

b) Gọi: *Hệ số nhập* là ước lượng giá trị bằng tiền tỷ lệ các chi phí từ nhập ngoại. Ví dụ làm đất bằng máy, cần nhập xăng dầu, máy kéo, sắt thép. Giá trị nội địa chỉ là công lao động lái máy, lao động sửa máy, một số vật tư nội địa... Trong số tổng chi phí 100%, có 3,7% do làm đất, nếu ước lượng *Hệ số nhập* = 0,7 nghĩa là giá trị nhập khẩu chiếm 70% thì số

3,7% = 2,6% ngoại nhập + 1,1% trong nước.
(= 3,7 % *0,7) + (= 3,7 % *0,3)

Ước lượng như vậy thì giá trị nhập (xăng dầu, máy móc, phân bón v.v) để sản xuất lúa chiếm 41,9% hay khoảng 42% (Bảng 2.10). Nghĩa là, xuất khẩu 1 triệu tấn gạo, chưa kể phần xay xát và thương mại, đã phải nhập với giá trị tương đương 420 000 tấn.

Số liệu cập nhật tương tự năm **2010** ở 3 Tỉnh Cần Thơ, Long An, và Tây Ninh (Bảng 2.11).

Như vậy, tuy giá cả thay đổi nhiều, cả đầu vào lẫn đầu ra, nhưng tỷ lệ nhập ước lượng đều nằm trong khoảng ***40- 50%***.

Ước lượng như trên để thấy được công sức đóng góp của hàng triệu nông dân nước ta. Để suy ngẫm lại về các ngành "xuất khẩu mũi nhọn" của Việt Nam như điện tử và dệt may; giá trị nhập chiếm tới 85%, thậm chí 95% giá trị xuất khẩu.

Bảng 2.10. CHI PHÍ SẢN XUẤT LÚA ĐÔNG XUÂN, CẦN THƠ, 2000.
(kiểu nông dân làm)

Công việc	Đv tính	Số lượng	Đơn giá	Thành tiền	%	Nhóm %	*Hệ số nhập*	% Nhập
Làm đất	ha	1	200 000	200 000	3,7	**3,7**	0.7	**2.6**
Lúa giống	kg	200	2 000	400 000	7,3	**7,3**	0.4	**2.9**
Phân: Urê	kg	200	1 900	380 000	7,0			
Phân: DAP	kg	100	3 200	320 000	5,9			
Phân: NPK	kg	100	2 900	290 000	5,3	*Phân*		
Phân: Kali	kg					***18,2***	0.9	**16.3**
Thuốc sâu	lần	3	90 000	270 000	5,0			
Thuốc bệnh	lần	3	120 000	360 000	6,6	*Thuốc*		
Thuốc cỏ	lần	1	190 000	190 000	3,5	***15,0***	0.9	**13.5**
Bơm tưới tiêu	kg lúa/vụ	200	1 400	280 000	5,1	**5,1**	0.6	**3.1**
Suốt lúa	kg lúa	150	1 400	210 000	3,9	**3,9**	0.2	**0.8**
Phơi sấy	đ/kg	5 500	60	330 000	6,1	**6,1**	0.2	**1.2**
Vận chuyển	tấn	5	30 000	150 000	2,8	**2,8**	0.5	**1.4**
Công L.Động	công	76	20 000	1 520 000	27,9	27,9		
Lãi ngân hàng	đ/vụ			200 000	3,7	3,7		
Thuế sử dụng đất /6 tháng	đ/vụ			250 000	4,6	4,6		
Chi phí khác				100 000	1,8	1,8		
			Tổng =	**5 450 000 đồng**	**100 %**	**100 %**		**≈ 42 %**

Bảng 2.11. CHI PHÍ SẢN XUẤT LÚA ĐÔNG XUÂN, số liệu 2010

		Cần Thơ	Long An	Tây Ninh
Tổng chi phí,	đ/ha	23 654 000	18 572 000	18 995 000
Năng suất,	kg /ha	7 400	6 000	5 000
Chi phí SX,	đ /kg	3 196	3 095	3 800
% Nhập (ước lượng)		39	47	44

Nguồn: Các Trung tâm Khuyến nông Tỉnh

2.6.3 Cơ giới hóa để tiết kiệm năng lượng

Cơ giới hóa (CGH) không phải đơn giản là thay sức người bằng máy, mà để giảm chi phí, cũng là giảm năng lượng.

Ở Bảng 2.10 công việc làm đất nặng nhọc nhất đã được giải quyết bằng cơ giới, chỉ chiếm chưa đến 4% tổng giá thành sản xuất.

Ví dụ đơn giản: Máy sạ hàng, giảm chỉ còn dùng 80 kg lúa giống /ha, thay vì theo cách sạ thủ công 200 kg. Tạo ra 1 kg lúa giống cũng cần phân bón, thuốc sâu v.v, nghĩa là cần năng lượng, trong đó có năng lượng gốc dầu hỏa.

Vai trò người kỹ sư cơ khí sao cho chủ động hơn? Cần *phối hợp*! Tính thiếu phối hợp nằm ngay từ đào tạo: Kỹ sư cơ khí lo sử dụng máy sao cho năng suất máy cao, ít tốn xăng dầu, còn kỹ sư trồng trọt lo sử dụng phân, thuốc sao cho năng suất cây trồng cao. Cần phối hợp sao cho dùng máy ít tốn phân, thuốc (= năng lượng và chi phí) sao cho lợi nhất.

2.6.4 Qui mô cơ giới hóa để tiết kiệm năng lượng

Theo lý thuyết, ruộng càng nhỏ máy canh tác phải quay vòng đầu bờ nhiều, lãng phí thời gian và nhiên liệu. Ruộng càng lớn thì máy lớn hoạt động hữu hiệu hơn. Tuy nhiên cũng có giới hạn để tương hợp với các cơ sở hạ tầng khác. Không thể có mảnh ruộng hàng mấy chục hecta khi chưa có đường sá, cầu cống, kênh mương phù hợp. Nhưng ở thái cực khác, cần cảnh giác với ý tưởng "vì ruộng nhỏ, nông dân nhỏ lẻ, nên phải dùng máy nhỏ". Ở vài tỉnh phía Bắc, 1 ha chia thành 8- 18 thửa ruộng thì khó áp dụng máy móc một cách kinh tế, vì quá hao tổn năng lượng. Thực tế "*máy nhỏ cho nông dân nhỏ*" đã *thất bại* mọi nơi trên thế giới, trừ với nước Nhật, nơi nông nghiệp sống nhờ bao cấp của công nghiệp. Máy dù nhỏ cũng quá tầm với của người nghèo, mà không đáp ứng được yêu cầu thời vụ của họ. Cần "*dồn điền đổi thửa*" để có được mảnh ruộng xấp xỉ 01 ha như ở Đồng bằng Sông Cửu Long, và với dịch vụ "CHỦ máy đi LÀM THUÊ" để có thể sử dụng các máy kéo 4 bánh cỡ trung hoặc lớn, không phải đi theo sau máy kéo 2 bánh. Người nghèo đi thuê người giàu làm dịch vụ cho mình, đó có lẽ là bí quyết thành công vượt bậc về cơ giới hóa ở Đồng bằng Sông Cửu Long.

2.7 NĂNG LƯỢNG VÀ NÔNG NGHIỆP CHÍNH XÁC

2.7.1 Nông nghiệp chính xác ở các nước phát triển

Ở các nước tiên tiến vùng Bắc Mỹ và Âu châu, sau khi đã cơ giới hóa toàn bộ canh tác trên diện tích rộng, từ thập niên 1990 đã bắt đầu thực hiện "***nông nghiệp chính xác*** (***NNCX***)" còn gọi là canh tác chính xác (tiếng Anh: *precision agriculture*, hoặc *precision farming*). NNCX là hệ thống sản xuất nhằm đáp ứng chính xác yêu cầu của cây trồng, tránh lãng phí sử dụng phân bón hoặc thuốc hóa học, qua đó góp phần bảo vệ môi trường và tiết kiệm năng lượng, giảm số lao động, cuối cùng tăng lợi tức cho nông dân.

Ý tưởng nông nghiệp chính xác xuất phát được từ sự sai biến trong không gian và thời gian canh tác. Ví dụ trên cùng một cánh đồng, độ phì nhiêu đất không đồng đều, nếu bón cùng một lượng phân, thì chỗ dư chỗ thiếu; cần bón theo yêu cầu từng vị trí của cây. Sâu bệnh cũng phát triển không đều, chỗ có chỗ không; vì vậy phun thuốc nên theo từng tình trạng mà xử lý, không phun đại trà. Năng suất cục bộ cũng không đồng đều, do đó khi thu hoạch, máy gặt đập liên hợp phải điều chỉnh chế độ làm việc cho phù hợp. Tóm lại, tiết kiệm được phân, thuốc, xăng dầu, v.v.

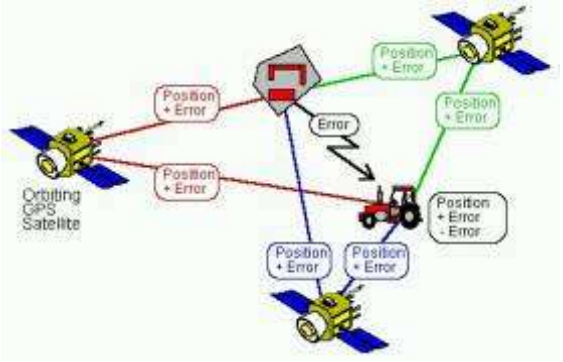
Ý tưởng không mới, nhưng thực hiện được phải có công nghệ cao đáp ứng; mới có từ khoảng 20 năm; các công nghệ này có thể gom thành ba nhóm:

a) Công nghệ thông tin: bao gồm hệ thống thông tin địa lý (GIS, *geographical information system*), hệ thống định vị toàn cầu (GPS, *global positioning system*), là "trái tim" của NNCX hiện đại. Mục đích là lập được chính xác bản đồ hiện trạng của từng cánh đồng theo từng ô cây trồng, về đất đai, cỏ dại, sâu bệnh (có thể trong vòng 2 m), để hỗ trợ các biện pháp kỹ thuật và quản lý.

b) Các đầu cảm biến (*sensor*) kết hợp với hệ thống xử lý tín hiệu bằng công nghệ thông tin; ví dụ cảm biến về ẩm độ đất, về lượng đạm (N) trong đất, về mức độ dịch hại v.v, quang phổ kế đất (*soil spectrophotometer*).

Cảm biến về năng suất cây trồng có thể lập trước thông qua các chỉ tiêu gián tiếp như màu lá cây, chiều cao cây hoặc trực tiếp khi máy gặt đập liên hợp làm việc bằng cách đo lưu lượng hạt chảy vào thùng chứa, kết hợp với định vị GPS (Hình 2.6). Nhờ các cảm biến này mới thực hiện được NNCX ở Bắc Mỹ. Khác với thời 1970, muốn biết tình trạng đất của 30 ha, phải lấy 6 mẫu

đất, gửi đến phòng thí nghiệm, chờ vài ngày hoặc vài tuần mới có kết quả, mà 6 mẫu đất này cũng không phản ảnh chính xác từng vị trí của cánh đồng.



Hình 2.6. Hệ thống định vị toàn cầu GPS
Nguồn: Mohamad và ctv (2000)

c) Thiết bị công tác biến lượng, nghĩa là kỹ thuật xử lý với định lượng thay đổi (*variable rate technology*, VRT). Nhờ bản đồ đã được lập trước hoặc nhờ các cảm biến kết hợp tức thời với GPS, máy thay đổi lượng phân bón, lượng nước tưới, lượng thuốc phun… theo yêu cầu cục bộ. Tương tự, máy gặt đập liên hợp tự điều chỉnh tốc độ tiến và các chế độ làm việc theo năng suất cây trồng.

Ngoài ra, yếu tố quản lý cũng rất quan trọng. Nông dân công nghệ cao phải nắm vững sử dụng các kỹ thuật trên. Qui mô lớn góp phần giảm chi phí, ví dụ mỗi nông trại ở Mỹ trung bình 200 ha, quyết định áp dụng chỉ do một chủ nông trại.

Tuy mắc tiền, đầu tư cao, nhưng nhờ chia đều cho diện tích lớn (ví dụ 24 vệ tinh cho toàn Bắc Mỹ và Âu Châu, còn kiêm công dụng khác nông nghiệp), nên chi phí cuối cùng không cao. Lợi chung là tiết kiệm năng lượng và giảm giá thành, nền nông nghiệp càng ngày càng hiệu quả.

2.7.2 Nông nghiệp chính xác ở các nước đang phát triển

Ở các nước đang phát triển ruộng nhỏ lại nghèo, việc sử dụng các công nghệ tiên tiến NNCX như ở Bắc Mỹ có vẻ xa vời. Tuy nhiên, ý nghĩa cơ bản của NNCX vẫn có thể vận dụng, dù với các phương tiện thô sơ hơn, rẻ tiền hơn. Vấn đề là vận dụng nguyên lý, nghèo thì dùng phương tiện nhà nghèo. Đó là nhận diện và xác định được các sai biến về điều kiện cây trồng theo không gian và thời gian. Có nhiều thông tin về sai biến, sẽ giảm rủi ro khi thực hiện để có thể đem lại lợi nhuận, hoặc tránh thực hiện việc không đem lại lợi nhuận vì không biết hoặc không rõ. Để phân biệt, người ta dùng cụm từ "*Nông nghiệp theo địa điểm cụ thể*, *Site specific agriculture*" thay vì dùng từ NNCX. Thực sự cũng đã có nhiều việc đã được thực hiện ở Việt Nam, dù ở mức độ thủ công. Ví dụ: Dùng bảng so màu lá, so sánh màu

lá lúa với màu của bảng chuẩn, để biết tại một địa điểm và thời gian cụ thể, cây lúa đang thiếu hay thừa đạm N, từ đó quyết định bón phân nhiều hay ít.

Khó khăn với các nước đang phát triển là có quá nhiều sai biến ở mức quá nhỏ, sai biến trong mỗi thửa, giữa các thửa ruộng của cùng một chủ, và giữa ruộng của các nông dân khác nhau. Ở nhiều khâu, cơ giới hóa vẫn chưa đạt, như gieo hạt, bón phân, phun thuốc, diệt cỏ vẫn làm thủ công. Mới đi chập chững, làm sao đòi chạy nhanh được với các thiết bị công tác biến lượng CRT và GPS.

Tuy nhiên không phải tất cả phải bỏ qua một bên. San phẳng laser trình bày ở Mục kế tiếp là một ví dụ: Không có GPS để có thể điều khiển trong phạm vi 10 km, vẫn có thể dùng bộ phát điều khiển từ mặt đất với phạm vi 400 m, vừa phù hợp với qui mô hiện tại, vừa đầu tư thấp hơn.

2.7.3 San phẳng ruộng điều khiển bằng laser

Gọi tắt là san phẳng laser (*laser-controlled land leveling*).

2.7.3.1 Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

Liên hợp máy gồm có máy kéo liên kết móc với cụm gàu san (Hình 2.7).

Hình 2.7. Liên hợp máy san phẳng laser và máy kéo MTZ-892 (110 HP).

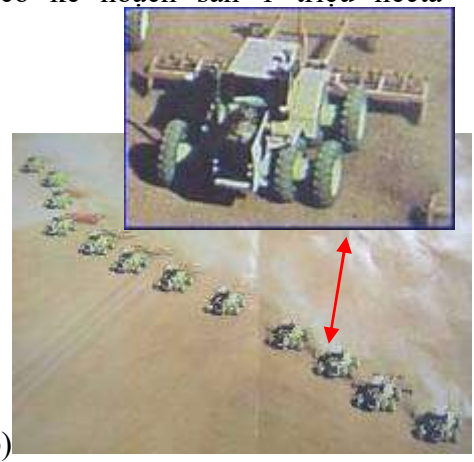
Tia laser được phát bởi *bộ phát (transmitter)* tín hiệu laser tạo thành một mặt chuẩn laser cố định song song với mặt phẳng nằm ngang (N.Đ.Cảnh và ctv 2010). *Bộ nhận (receiver)* nhận tín hiệu laser lắp cố định trên cụm gàu san, và có gắn các cảm biến xác định vị trí tương đối của mặt phẳng laser do bộ phát tạo ra so với vạch chuẩn của bộ nhận. *Hệ thống thủy lực* gồm hộp

xử lý và điều khiển nối với của máy kéo và xi lanh thủy lực, điều khiển nâng hạ gàu san.

Gàu san sẽ tự động được hạ xuống hoặc nâng lên so với mặt chuẩn khi hệ thống làm việc trên điểm tương ứng là điểm cao hoặc điểm thấp.

2.7.3.2 Áp dụng trên thế giới

Tia laser là phát hiện vật lý khoảng cuối thập niên 1960. San phẳng ruộng điều khiển bằng laser được Mỹ áp dụng từ thập niên 1970. Ngày nay, năng suất lúa ở California đạt 9 tấn/ha là nhờ san phẳng trên hơn 99% diện tích lúa. Ở Úc, Nhật cũng đã áp dụng nhiều từ thập niên 1980 (Hình 2.8). Ấn Độ và Trung Quốc mới áp dụng gần đây. Đặc biệt, Ấn Độ đã phát triển rất nhanh trong 7 năm gần đây: Năm 2005 mới ứng dụng bộ laser đầu tiên, năm 2009 đã có 2000 máy và san được 60 000 ha. Đến 2010 đã có 7000 hộ nông dân sở hữu 10 000 bộ, và họ có kế hoạch san 1 triệu hecta (Ferrer 2011).

(a) (b) 

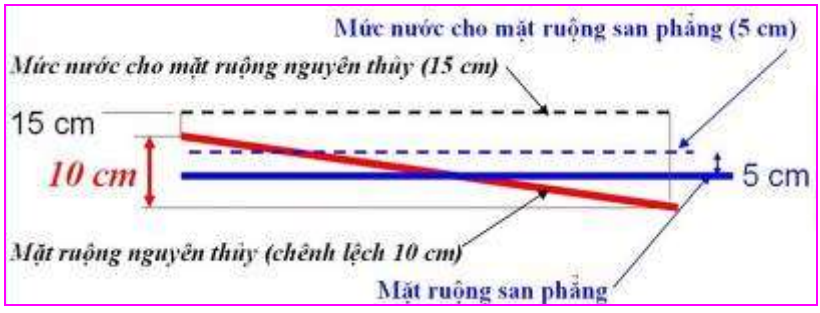
Hình 2.8. Máy san phẳng laser ở: (a) Mỹ, (b) Australia

2.7.3.3 Áp dụng san laser ở Việt Nam

Từ 2004, được sự chuyển giao kỹ thuật của Viện Nghiên cứu Lúa Quốc tế (**IRRI**), Trung tâm Năng lượng và Máy nông nghiệp thuộc Đại học Nông Lâm TP Hồ Chí Minh đã phối hợp với các Sở Nông nghiệp Tỉnh ứng dụng kỹ thuật này ở Bạc Liêu, An Giang, và Lâm Đồng (Phan H. Hien và ctv 2007). Nhiều thửa ruộng nhỏ với độ chênh lệch 30 cm có thể gộp thành một thửa ruộng lớn 1- 2 ha với độ chênh chỉ còn 2,5 cm, mà các phương pháp san thông thường không thể đạt được. Cũng như các thí nghiệm của Viện IRRI tại Philippines và Campuchia, đã xác lập được các lợi điểm của mặt ruộng bằng phẳng ở An Giang và Bạc Liêu, đó là:

- Tăng ***năng suất*** lúa khoảng 0,5 tấn/ha.
- Dễ kiểm soát ***cỏ dại***, do khống chế mức nước, giảm 70% công lao động làm cỏ.
- Hạn chế được ***sâu bệnh***, kể cả ***ốc bươu vàng***, do giảm số mương lạch nơi chúng trú ẩn.
- Tăng ***diện tích đất hữu hiệu*** thêm khoảng 5 - 7%. Ở miền Trung và miền Bắc, san phẳng laser sẽ tăng sản lượng lúa 7% (vẫn giữ các biện pháp nông học như cũ) đơn giản vì diện tích bờ ruộng phá đi là 7%, bằng diện tích gieo trồng có thêm.
- Tiết kiệm ***nước***, ví dụ một cánh đồng chênh nhau 160 mm sẽ đòi hỏi 100 mm nước nhiều hơn, tức là gấp đôi nhu cầu nước cho cây lúa (Hình 2.9).
- Giảm lượng ***giống gieo sạ*** và ***nhân công***, do không phải trồng dặm tại các chỗ trũng bị úng.
- ***Phân bón*** phân bố đồng đều, nên giảm được lượng bón.
- Thuận tiện cho ***cơ giới hóa***, do giảm được 10- 15% thời gian quay vòng với thửa ruộng lớn hơn; dễ dàng sử dụng máy sạ hàng hoặc máy cấy; vận hành máy thu hoạch hiệu quả hơn do lúa cứng cây ít đổ ngã hơn.

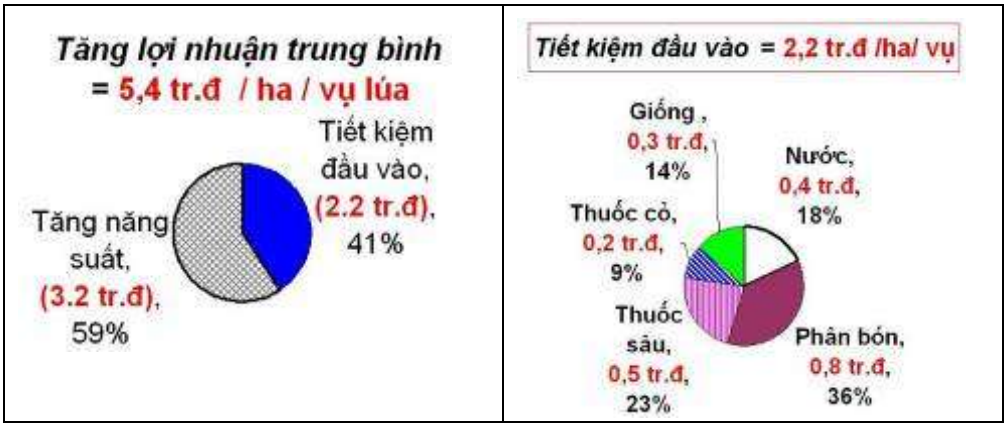
Tất cả các lợi điểm trên đều là ***tiết kiệm năng lượng*** trong nông nghiệp.



Hình 2.9. Sơ đồ giải thích vì sao ruộng lúa san phẳng chỉ cần một nửa lượng nước tưới

Một khảo sát đã được thực hiện cùng với IRRI ở Long An, An Giang, Bạc Liêu tháng 11/2011 và tháng 7/2012, đã phỏng vấn 11 nông dân và cơ sở đã có ruộng san laser (P.H.Hiền 2012). Họ đang canh tác 1 - 150 ha lúa; đa số có 1,5 - 4,0 ha; đa số đã làm 5-10 vụ lúa sau san laser. Các kết quả phỏng

vấn được tóm tắt ở Hình 2.10 về tăng lợi nhuận trung bình cho 01 vụ lúa và các khoản tiết kiệm đầu vào (*Nước, Phân, Cần, Giống*).



Hình 2.10. Tăng lợi nhuận trung bình /ha cho 01 vụ lúa và các tiết kiệm đầu vào

Trái với suy nghĩ bình thường, tiết kiệm nước chỉ chiếm 7% tổng số tăng lợi nhuận (18% tiết kiệm đầu vào). Nhưng đó là "đầu mối " cho 33% phần tiết kiệm thuốc cỏ, phân bón, thuốc sâu, giống v.v, để có số 2,2 triệu đồng tiết kiệm đầu vào, và 3,2 tr.đ tăng năng suất đầu ra. Phần đóng góp của tăng năng suất là chủ yếu, chiếm 60% tăng lợi nhuận (năng suất tăng trung bình 0,62 tấn/ha, khoảng biến thiên 0,38- 1,0 tấn/ha).

2.8 VẤN ĐỀ MÔI TRƯỜNG DO SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP

Năng lượng còn để giải quyết vấn đề môi trường phát sinh do sản xuất nông nghiệp (xem Chương 4).

2.9 TÓM TẮT VỀ NĂNG LƯỢNG TRONG SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP

Năng lượng trong sản xuất nông nghiệp không phải chỉ là xăng dầu chạy bơm nước hay máy kéo, mà còn "ẩn" trong tất cả các nhập lượng khác, như phân bón, hạt giống, thuốc trừ sâu bệnh, trong một hệ thống khá phức tạp.

Phân tích về năng lượng cho sản xuất nông nghiệp cần đặt trong hệ thống tổng thể, và dung hòa nhiều yêu cầu trái ngược nhau, tiếng Anh gọi là *trade-off* ("cân nhắc đánh đổi", "được cái này, mất cái kia"), giữa năng suất và năng lượng, giữa các nguồn năng lượng, giữa năng lượng và môi trường.

Xét tỷ số năng lượng và các số liệu khác trên quan điểm năng lượng có thể thấy rằng các sản phẩm trực tiếp từ cây trồng (hạt, thân, lá) là kết quả có

hiệu suất cao nhất. Với 1 MJ từ các nhập lượng do con người, đã "huy động" ít nhất 3 MJ từ mặt trời. Ngược lại, các sản phẩm từ vật nuôi (heo, gà, bò, tôm, cá v.v) chỉ là "xào nấu" lại các sản phẩm trồng trọt, để đạt giá trị gia tăng theo quy luật kinh tế, với chi phí là tiêu hao năng lượng từ các sản phẩm cây trồng. Xét như thế, để thấy các ưu tiên để phát triển nông nghiệp bền vững. Khi chưa có đủ lúa, bắp, đậu, mía, cỏ v.v, thì các sản phẩm chăn nuôi hoặc thủy sản ví như lâu đài xây trên cát. Điều này cũng định hướng cho đào tạo và nghiên cứu nông nghiệp. Ngành Nông học theo nghĩa rộng, tích hợp các khoa học chuyên ngành như di truyền, thổ nhưỡng, bảo vệ thực vật, cơ khí, thủy lợi, phải giúp cho ra sản phẩm cây trồng với số lượng lớn, chất lượng tốt và giá thành cạnh tranh, mới mong phát triển bền vững các ngành khác của nông nghiệp.

2.10 TÀI LIỆU THAM KHẢO

Ahmed M.H., A.B. Saeed, A.A.K. Ahmed, & I. Haffar. 1999. *Tractor Repair and Maintenance Costs in Sudan: Development of a standard model*. AMA Vol.30, No.2, pp.15- 18.

ASABE. 2006. *ASABE Standards: Agricultural Machinery Management Data D497.5 Feb.2006*.

Chancellor W.J. 2002. *Energy Flow Relationships in Asian Rice Systems*. Paper presented at 2002 ASAE Annual International Meeting /CIGR XVth World Congress.

CIGR. 1999. *Handbook in Agricultural Engineering*. Kitani O. (Ed.). Am. Soc. Agr. Engineers.

Chrispeels M.J., D. Sadava. 2002. *Development, Productivity, and Sustainability of Crop Production*. University of California, San Diego.

Ferrer B. 2011. *Even grounds*. Rice Today Vol. 10, No. 2 <http://irri.org/knowledge/publications/rice-today/special-reports/science-shorts/even-grounds?print=1&tmpl=component >

Fluck R.C., C.B. Baird. 1980. *Agricultural energetics*. AVI Publ. Co., Connecticut, U.S.A.

Hatirlia S.A, B. Ozkanb, C. Fertb. 2005. *An econometric analysis of energy input–output in Turkish agriculture*. Renewable and Sustainable Energy Reviews Vol.9, (2005), pp.608–623.

Hernanz J. L., J. Ortiz-Cãnavate. 1999. *Energy saving in crop and animal production* (*Tiết kiệm năng lượng trong sản xuất nông nghiệp*) trích từ CIGR. 1999. Handbook in Agricultural Engineering. KITANI O. (Ed.). Vol.5, pp24-42. ASABE.

Mohamad A., I.H. Rukundin, W.N. Chong. 2000. *Precision Farming in Agriculture: A Production Technique for the Next Millennium*. In: Proceedings of PETA-PKD-JPSM Seminar on Repositioning of the Agriculture Industry in the Next Millennium, Edited by A. Radam and F.M. Arshad.

Nguyễn Đức Cảnh, Phạm D. Lam, Trần V, Khanh, Phan H.Hiền. 2010. *San phẳng ruộng điều khiển bằng laser*. Trích từ: "Công nghệ sau thu hoạch lúa gạo ở Việt Nam", tài liệu Dự án ADB-IRRI RETA N°.6489, Nxb Nông nghiệp, Tp Hồ Chí Minh.

P.H.Hiền. 2012. *Laser land leveling in Viet Nam and Benefits to farmers*. Báo cáo tại Hội thảo IRRC Phase IV 21-11-2012, Vientiane, Lào.

Phan Hieu Hien, Tran Van Khanh, Nguyen Duc Canh, Pham Duy Lam. 2007. *Application of laser-controlled equipment for leveling rice fields in Viet Nam.* Proc. International Workshop on Agricultural and Bio-systems Engineering (IWABE), 11-13 December 2007, Nong Lam University, Ho-Chi-Minh City, Viet Nam

Pimentel D., M. Pimentel. M. Karpenstein-Machan. 1999. *Energy use in agriculture: an overview*. CIGR eJournal N°9 /1999.

Stanhill G. 1984. *Energy and agriculture*. Springer-Verlag, Berlin.

Tổng Công ty Phân bón và Hóa chất Dầu khí (PVFCCo). 2012. *Giới thiệu các đơn vị thành viên*. http://dpm.vn/tong-quan/qua-trinh-hinh-thanh-phat-trien/Gioi-thieu

Trung tâm Khuyến nông Quốc gia. 2012. *Liên kết sản xuất lúa theo các cánh đồng mẫu lớn*. Chuyên đề Diễn đàn Khuyến nông @ Nông nghiệp. Nxb Nông nghiệp

Trương Vĩnh, T.N.H.Trang, L.H.Phượng, V.T.Anh, Đ.K.Sơn, N.H.A.Tuấn, N.B.Việt, M.H.Cang, B.Bandari, S.Fukai. 2009. *Đánh giá tổng hợp thông tin cơ bản về công nghệ thu hoạch và sau thu hoạch ở Đồng bằng Sông Cửu Long*. Kỷ yếu Hội thảo tổng kết Chương trình CARD 026/VIE 05. Trường Đại học Nông Lâm Tp Hồ Chí Minh.

3 Năng lượng trong hệ thống chế biến nông nghiệp

3.1 DẪN NHẬP 48

3.2 SẤY NÔNG SẢN 49
3.2.1 Sấy máy là hướng đến nông nghiệp hiện đại 49
3.2.2 Các phương pháp sấy và chi phí năng lượng 50
3.2.2.1 Sấy nhiệt độ cao 50
3.2.2.2 Sấy nhiệt độ thấp 51
3.2.2.3 Sấy "2 giai đoạn" (Two-stage drying) 52
3.2.2.4 Sấy tĩnh (theo mẻ) 52
3.2.2.5 Năng lượng mặt trời làm nguồn nhiệt 53
3.2.2.6 Vấn đề sấy ở Việt Nam nhìn từ khía cạnh năng lượng 54
3.2.2.7 Có nên để khô ngoài đồng, nhằm tiết kiệm năng lượng sấy ? .. 54

3.3 BAO BÌ TRONG BẢO QUẢN VÀ CHẾ BIẾN 55

3.4 CHẾ BIẾN 56

3.5 BẢO QUẢN NÔNG SẢN VÀ THỰC PHẨM 57
3.5.1 Bảo quản trong bao 57
3.5.2 Bảo quản sấy khô 57
3.5.3 Bảo quản thông thóang (*aerated storage*) 57
3.5.4 Bảo quản lạnh 57
3.5.5 Bảo quản kín (*hermetic storage*) 58

3.6 VẬN CHUYỂN 58

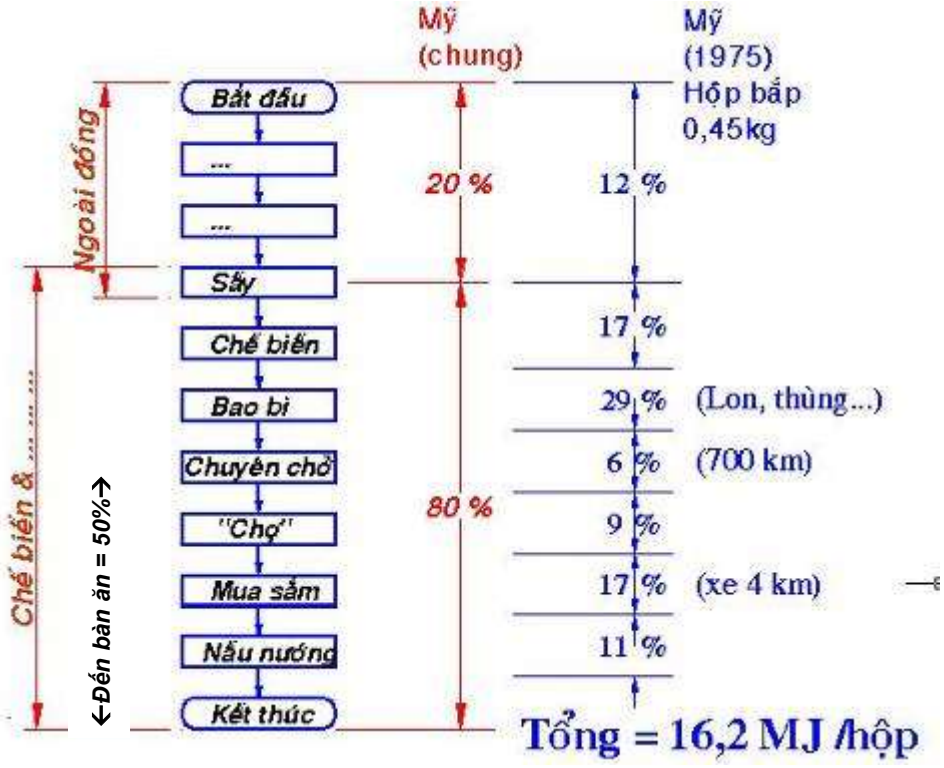
3.7 TÀI LIỆU THAM KHẢO 61

3.8 PHỤ LỤC 62

3.1 DẪN NHẬP

Sản phẩm nông nghiệp phải được *chế biến* mới thành thực phẩm được. Một số nông sản dễ bị hư hao nên cần được *bảo quản* trước và sau khi chế biến. Từ nơi sản xuất đến bàn ăn đều có *vận chuyển*. Tất cả ba thành tố này đều tiêu tốn năng lượng.

Nông nghiệp càng tiên tiến, năng lượng trong hệ thống chế biến càng chiếm tỷ trọng lớn. Ví dụ ở Mỹ, trung bình 80% năng lượng trong hệ thống nông nghiệp và thực phẩm là từ sau khi rời khỏi nông trại, trong đó phần lớn cho chế biến; còn sản xuất ngoài đồng chỉ chiếm 20% hoặc ít hơn.



Hình 3.1. Sơ đồ ví dụ về cơ cấu năng lượng một sản phẩm chế biến
Nguồn: Browns & Batty (1976), do Fluck & Baird (1980) trích dẫn.

Cụ thể trong một lon bắp đóng hộp (Hình 3.1),

- Có 88% tổng năng lượng là từ chế biến đến tiêu thụ; chỉ 12% cho sản xuất ngoài đồng, sản xuất chỉ bằng 1/7 so với chế biến và tiêu thụ.

- Năng lượng chế tạo lon "thiếc" làm bao bì chiếm 4,6 MJ, bằng 1,5 lần năng lượng cho các công đoạn chế biến khác (lột vỏ, lấy hạt, rửa, vô hộp).
- Năng lượng "đi chợ" mua sắm và nấu nướng cũng cao hơn năng lượng sản xuất ngoài đồng.

Ở các nước đang phát triển, từ chế biến đến tiêu thụ không đến mức quá cao như các nước phát triển, nhưng các công đoạn đều tiêu tốn năng lượng, đặc biệt là năng lượng hóa thạch không tái tạo. Một ví dụ đời thường: Đến một quán ăn, ăn một bữa no có giá trị năng lượng 7 MJ (khoảng 1700 kcal), thử nghĩ đã tốn bao nhiêu MJ để phục vụ bữa ăn đó. Chưa kể xăng từ nhà đến quán và về lại nhà (ví dụ đi và về 15 km tốn 1/3 Lít = 14 MJ nếu đi xe gắn máy; đi xe hơi tốn gấp 3- 5 lần).

Tóm lại, cách chế biến, bảo quản, và thói quen tiêu dùng thực phẩm đều hao tốn năng lượng, chủ yếu là năng lượng tái tạo như dầu mỏ và than đá.

Các mục tiếp theo đề cập đến các vài công đoạn liên quan đến chế biến nông sản thực phẩm: sấy, chọn bao bì, cách bảo quản, và vận chuyển.

3.2 SẤY NÔNG SẢN

Sấy có thể xem như một công đoạn sản xuất ngoài đồng, hoặc một công đoạn trong qui trình chế biến, tùy nước tùy vùng. Ngay các nước tiên tiến cũng khác nhau: Ở Mỹ hơn 90% bắp được sấy ở nông trang (on-farm), chỉ một ít ở nhà máy (off-farm); nhưng Pháp thì ngược lại, đa số hạt cốc được sấy ở các nhà máy tập trung. Đồng bằng Sông Cửu Long năm 2010 cũng vậy, có nơi nông dân phải tự sấy trước khi bán lúa khô, có nơi nông dân chỉ bán lúa ướt, việc sấy là của các nhà máy hoặc thương lái thu mua lúa.

Mục này chỉ đề cập vấn đề sấy dưới khía cạnh năng lượng. Tìm hiểu sâu về công nghệ sấy, cần xem thêm các sách chuyên ngành (Brooker và ctv 1980; Phan Hiếu Hiền và ctv 2000).

3.2.1 Sấy máy là hướng đến nông nghiệp hiện đại

Ở Mỹ năm 1945 chỉ có 10% nông sản được sấy bằng máy; nay hầu như 100% là sấy máy.

Ở Đồng bằng Sông Cửu Long của Việt Nam, sấy lúa vụ hè thu từ gần như 0% năm 1980, đã dần tăng lên 9% năm 1997, khoảng 15% năm 2001, 33% năm 2006, và 45% năm 2011.

Sấy là công đoạn tiêu tốn nhiều năng lượng. Ví dụ ở California năm 1977, trong tổng năng lượng sản xuất lúa là 45,8 GJ /ha, sấy (từ ẩm độ 20% xuống 12%) chiếm ≈ 13%, so với tưới nước chiếm ≈ 20%. Sấy bắp ở miền Midwest của Mỹ chiếm 60% năng lượng sản xuất, còn 5 công đoạn khác gộp lại chỉ chiếm 40% ---cày bừa + gieo xới + chăm sóc + thu hoạch + vận chuyển (Brooker và ctv 1980).

Dù tiêu tốn nhiều năng lượng, sấy bảo đảm chất lượng ổn định sản phẩm thu hoạch từ ngoài đồng, không phụ thuộc vào thời tiết. Nền nông nghiệp cơ giới hóa không đủ lao động thủ công cho việc phơi nắng. Khi nông nghiệp đã thoát khỏi mức cổ truyền thì sấy sẽ hiệu quả kinh tế hơn.

3.2.2 Các phương pháp sấy và chi phí năng lượng

Lý thuyết, để bốc hơi 1 kg H_2O trong hạt cần 2,5– 2,7 MJ; thực tế cần 3–7 MJ; nếu quá trình sấy không hữu hiệu, cần 8– 14 MJ.

Năng lượng sấy cần dưới 2 dạng: dạng "cấp cao" như điện hay diesel để chạy quạt và các thiết bị cơ khí; và dạng "cấp thấp" để cung cấp nhiệt cho lò đốt; giá 1 MJ nhiệt rẻ hơn nhiều so với 1 MJ cơ năng.

Lưu ý năng lượng chưa phải là tiêu chuẩn duy nhất đánh giá qui trình hay thiết bị sấy. Các tiêu chuẩn *chất lượng* cũng quan trọng không kém. Thời gian là tiền bạc là hiệu quả, cũng là một yếu tố để đánh giá sấy.

Năng lượng cho sấy liên quan đến nhiều yếu tố, trong đó có nhiệt độ sấy.

3.2.2.1 **Sấy nhiệt độ cao**

Thường gặp ở các máy sấy tháp; thời gian sấy ngắn, dùng nhiệt độ 60-70 ^oC, có thể đến 90 ^oC; sấy theo mẻ hoặc sấy liên tục, có thổi không khí làm nguội hạt trước khi qua lượt sấy kế tiếp (Hình 3.2).

Hình 3.2. Máy sấy tháp 10 tấn /mẻ

Năng lượng: *quạt 3 kWh /tấn + lò đốt 225 kWh /tấn.* (1 kWh = 3,6 MJ)

Ở loại máy sấy này, dùng nhiệt độ thấp hơn chưa hẳn tăng hiệu suất, đây là vấn đề tối ưu hóa giữa năng lượng cho quạt và cho lò đốt.

3.2.2.2 **Sấy nhiệt độ thấp**

Dùng nhiệt độ thấp nghĩa là thông thoáng với không khí thường, hoặc dùng nhiệt lò đốt phụ thêm sao cho độ tăng nhiệt độ trên nhiệt độ môi trường ΔT = 3- 6 ^{o}C để ẩm độ tương đối của không khí φ (hoặc *RH, Relative Humidity*) xuống khoảng 60%. Với khí hậu Việt Nam, nhiệt độ sử dụng 26- 36 ^{o}C tùy vùng và tùy thời gian trong ngày.

Thời gian sấy nhiệt độ thấp khá dài (có thể vài ngày đến 2 tuần), dựa trên cơ sở: Thời gian "không hư hạt" tùy thuộc ẩm độ hạt và nhiệt độ môi trường.

Kỹ thuật này được sử dụng nhiều ở các nước (Hình 3.3). Ví dụ ở Úc, 90% lúa được sấy theo phương pháp này, vì thuận lợi là *RH* thấp, ngay cả ban đêm.

Năng lượng (Sấy nhiệt độ thấp): *quạt 15 kWh /tấn + lò đốt 100 kWh /tấn.*

Chỉ xét về năng lượng (không để ý các yếu tố khác), ở Việt Nam năm 2012 nếu giá điện 1500 đ/kWh, khi giá nhiệt lượng cho lò đốt thấp hơn 144 đ/kWh hay 40 đ/ MJ (ví dụ trấu, 20 đ/MJ), dùng sấy nhiệt độ cao sẽ rẻ hơn. Ngược lại nếu giá nhiệt cao hơn 40 đ/MJ (ví dụ than đá, 160 đ/MJ), dùng sấy nhiệt độ thấp sẽ kinh tế hơn.

Nói chung, sấy càng chậm thì cần trình độ quản lý càng cao, vì sấy càng ít mẻ mỗi năm, càng khó rút kinh nghiệm với phương pháp sấy chậm. Sấy nhiệt độ thấp cần được xem xét trong tất cả các yếu tố, không phải chỉ là tiết kiệm năng lượng.

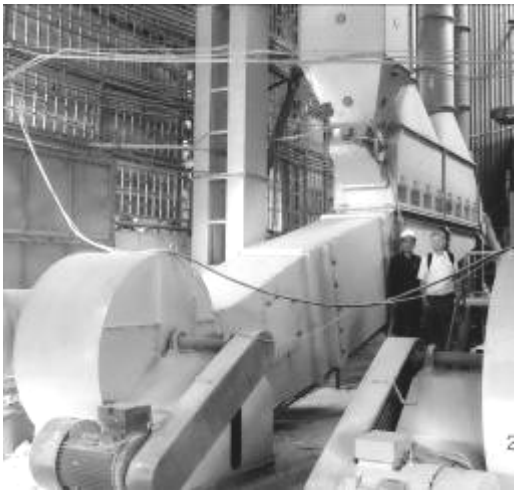
Hình 3.3. Máy sấy trong kho bảo quản, dùng nhiệt độ thấp

3.2.2.3 **Sấy "2 giai đoạn" (*Two-stage drying*)**

Vùng nhiệt đới ẩm với *RH* cao, hạt mới được thu hoạch ẩm độ cao, không thể "sấy từ từ", cần giảm ngay đến một ẩm độ tới hạn, ví dụ 20% với lúa nước.

Như vậy cần sấy qua 2 giai đoạn. Giai đoạn đầu dùng nhiệt độ cao; giai đoạn sau dùng nhiệt độ thấp hơn. Có nhiều nghiên cứu ứng dụng của ACIAR và GTZ trong thập niên 1990 về kỹ thuật sấy này cho các nước Đông Nam Á. Ví dụ ở Thái Lan, giai đoạn đầu sử dụng máy sấy tầng sôi (nhiệt độ hơn 100 ^{o}C) hạ ẩm độ hạt giảm 8%, ví dụ từ 30% xuống khoảng 22%; giai đoạn sau sử dụng máy sấy nhiệt độ thấp trong kho bảo quản (nhiệt độ dưới 36 ^{o}C). Tuy nhiên, máy khá nhạy cảm với điều chỉnh nhiệt độ, nhất là ở giai đoạn cuối, chỉ cao hơn một ít sẽ ảnh hưởng đến tỷ lệ thu hồi gạo nguyên. Hiện nay ở Thái Lan, chủ yếu dùng máy sấy tầng sôi để sấy gạo đồ (*parboiled rice*) mà các hạt rạn nứt ngầm bị "hồ hóa" (*gelatinization*) dán nối lại, hoặc sấy bắp, dù hạt nứt bể hay không đều được xay ra bột cả.

Ở Việt Nam, sấy tầng sôi cũng được thử nghiệm năm 1995 với khoảng hạ ẩm độ tương tự như Thái Lan. Từ 2009, sấy tầng sôi được "tái sử dụng" theo một biến thể khác, nghĩa là với chức năng chính là làm sạch hạt chứa nhiều tạp chất ẩm (lá, rơm vụn…); sấy là phụ, chỉ giảm 3- 4% và không xuống quá dưới 23%. Nhờ vậy, sấy giai đoạn kế với máy sấy tháp được thuận lợi hơn, do hạt sạch chảy tốt, không dính bết trong tháp sấy (Hình 3.4)



Hình 3.4. Máy sấy tầng sôi 20 tấn /giờ ở An Giang

3.2.2.4 **Sấy tĩnh (theo mẻ)**

Tiêu biểu là máy sấy tĩnh vỉ ngang; nhiệt độ sấy và thời gian sấy nằm giữa 2 loại nhiệt độ cao và nhiệt độ thấp; thông thường là 42- 50 ^{o}C.

Năng lượng: *quạt và lò 210 kWh /tấn*, số liệu với bắp (Mỹ).

Năng lượng: *quạt 10 kWh /tấn + lò đốt 160 kWh /tấn*, số liệu máy sấy vỉ ngang SHG-4 (4 tấn/mẻ) ở Việt Nam.

Hiện tại (2014) ở Đồng.bằng Sông Cửu Long, chủ yếu sấy bằng máy sấy tĩnh vỉ ngang, giải quyết được khoảng 45% lượng lúa thu hoạch, cả vụ đông xuân và hè-thu . Quá trình phát triển từ mẫu máy đầu tiên (6 tấn/mẻ) do Đại học Nông Lâm ứng dụng ở Sóc Trăng năm 1983, đến các mẫu cải tiến khác như máy sấy tĩnh đảo chiều gió, đến các mẫu sấy năng suất lớn (15- 50 tấn/mẻ) do nhiều xưởng cơ khí địa phương sản xuất (Hình 3.5, 3.6, 3.7, 3.8).

Hình 3.5. Máy sấy Kế Sách, Sóc Trăng, 1983

Hình 3.6. Máy sấy10 tấn/mẻ ở Thốt Nốt, Cần Thơ, 2005

Hình 3.7. Máy sấy đảo gió, không khí đi xuống với tấm bạt phủ phía trên bể sấy

Hình 3.8. Máy sấy 30 tấn/mẻ, với vít tải nạp và tháo liệu, ở An Giang 2013

3.2.2.5 **Năng lượng mặt trời làm nguồn nhiệt**

Tăng nhiệt ít, $\Delta T < 10\ ^{o}C$, thường chỉ vài độ C, nên thường dùng khi ẩm độ hạt còn cao, hơn 24%. Nếu muốn ΔT lớn, đòi hỏi mặt thu nhiệt (*collector*) lớn, chi phí đầu tư cao. Vấn đề là tính kinh tế. Ví dụ: Sấy 250 tấn bắp 25% xuống 15%, collector 375 m^2; thời gian sấy 1 tháng (sẽ xét kỹ hơn ở Chương 7: Năng lượng mặt trời).

3.2.2.6 **Vấn đề sấy ở Việt Nam nhìn từ khía cạnh năng lượng**

Có các điểm cần lưu ý:

- So với phơi nắng, sấy có vẻ tiêu tốn năng lượng nhiều hơn. Phơi nắng sử dụng năng lượng miễn phí của mặt trời, nhưng thực tế không rẻ (xem Chương 7).
- Năng lượng cho lò đốt cung cấp nhiệt lấy từ các phế phẩm nông nghiệp (vỏ trấu, cùi bắp, bã mía v.v) là lựa chọn kinh tế hơn so với sử dụng than đá hoặc dầu hỏa.
- Năng lượng cho quạt phải tính trên hiệu suất, nghĩa là công suất lý thuyết cho lượng gió và áp suất tạo ra được so với năng lượng đầu vào.
- Năng lượng cho thiết bị nhập liệu và tháo liệu: cần cân đối với giá cả lao động thủ công.

3.2.2.7 **Có nên để khô ngoài đồng, nhằm tiết kiệm năng lượng sấy ?**

Ở **Mỹ**, thu hoạch chậm tăng hao hụt thu hoạch, tạo nguy cơ giảm năng suất do thời tiết hoặc do sâu bệnh. Vấn đề là cân đối giữa giá trị năng lượng sấy nếu thu hoạch sớm và giá trị sản phẩm bị hao hụt do thu hoạch trễ. Ví dụ với bắp: Thu hoạch sớm, năng lượng sấy trị giá tương đương 0,3 tấn /ha; thu hoạch trễ, năng suất dễ bị giảm đến 0,6– 1 tấn /ha.

Ở **Việt Nam**, một số nông dân có tập quán "Phơi mớ ngoài đồng" để giảm chi phí sấy hoặc khỏi sấy trong vụ thu hoạch đông xuân. Số liệu (1998) cho thấy tổn thất do phơi mớ cũng lớn không kém gì qui mô hao hụt số lượng vụ hè thu (Chi tiết ở Phụ lục 1, Mục 3.8).

3.3 BAO BÌ TRONG BẢO QUẢN VÀ CHẾ BIẾN

Nông sản phẩm trước và sau khi chế biến cho đến bàn ăn đều được vận chuyển trong một loại bao bì cụ thể. Có thể phân ra hai loại: bao bì thô cho nguyên liệu chở đến nhà máy, và bao bì tinh cho thành phẩm từ nhà máy đến nơi tiêu thụ. Kích cỡ bao bì rất đa dạng, từ nhỏ 1 Lit = 0,001 m^3 đến lớn 60 m^3. Bảng 3.1 cho thấy giá trị so sánh của các bao bì

Hình 3.9. Một số loại bao bì nông sản thực phẩm

Bảng 3.1. Năng lượng và giá cả của bao bì (Fluck và Baird 1980)

Bao bì	MJ / m^3	Đơn giá, USD (*1974*)
Bao tải (đơn vị = 1 bao)	180	0,25
Hộp giấy carton	960	0,35
Thùng gỗ nẹp đóng đinh		
Dùng 1 lần	3900	6,0
Dùng 10 lần	390	6,0
Thùng gỗ pa-let		
Dùng 1 lần	1300	25
Dùng 20 lần	65	25
Lon kim loại	9000	
Thùng xe tải, chở xá		
Dùng 1 lần	5600	5000
Dùng 100 lần	56	5000

Bao bì **"tinh"** cũng chiếm nhiều năng lượng. Nhắc lại, ở Mỹ, phân tích năng lượng cho sản phẩm bắp đóng hộp, năng lượng cho hộp lon kim loại bắp 1,4 lần năng lượng cho sản xuất ngoài đồng để có sản phẩm chứa trong hộp lon đó.

Thống kê cho thấy trong các loại bao bì, lon kim loại là mắc nhất (tính từ MJ /m^3 sản phẩm). Các loại thùng gỗ và bao tải nếu được tái sử dụng nhiều lần sẽ giảm chi phí bao bì.

Hiện nay, ở Việt Nam, trong tiêu dùng, bao bì plastics và lon (bia, nước ngọt) được dùng phổ biến, tuy tiện dụng, nhưng khá lãng phí. Ví dụ (Bảng 3.2) xét chai nước suối *LV*, từ nhà máy sản xuất đến nơi tiêu thụ khoảng 100 km, theo giá 2006.

Bảng 3.2. Bao bì chai nước khoáng (2006)

Dung tích Lit	Giá bán đồng	gồm	CHAI, đ	+ NƯỚC, & vào chai, đ	+ Chuyên chở, đ #	+ Lãi &Thuế đ, # #	*% Bao bì / Giá bán*
0,5	3000	=	450	600	550	1400	*15,0*
1,5	6300	=	850	1550	1500	2400	*13,5*
5,0	14500	=	1600	2500	2500	7900	*11,0*

#: Ước lượng chuyên chở theo giá 10000 đ/ (tấn.km).
#: Lãi qua 2 cấp phân phối và thuế khoảng 25%.

Cần cập nhật các con số, nhưng để suy diễn thì tạm đủ cho hình dung các thành phần, tương quan giữa bao bì và nội dung, nghĩa là bao bì chiếm tỷ lệ khá lớn. Nguyên liệu bao bì ngoại nhập, xăng dầu cũng ngoại nhập (hoặc có thể để dành xuất khẩu).

Vào thời điểm 2006, xét giá 1 m^3 nước sinh hoạt khoảng 8000 đ (8 đ/Lit) mà cả chục triệu người Việt Nam chưa hưởng được, uống 0,5 L "nước suối" thật sang trọng cho người thành phố.

Tương tự, một lon bia uống xong vứt đi là cả một sự lãng phí so với chai bia dùng lại nhiều lần. Ở Đức, khó tìm bia lon, nhưng bia chai thì ở mọi nơi. Ngược lại, ở Việt Nam, rất nhiều nhà hàng không bán chai, chỉ bán lon.

Tóm tắt, cần định hướng *thói quen tiêu dùng*, phù hợp với điều kiện tài nguyên địa phương. Bao bì là năng lượng! Việt Nam đang phung phí năng lượng dạng bao bì (nhập)! Nhất là bao nylon, còn là vấn đề môi trường.

3.4 CHẾ BIẾN

Nói chung, chế biến công nghiệp hiện nay dựa nhiều vào nhiên liệu gốc dầu mỏ và điện năng. Vì vậy, *vấn đề tiết kiệm năng lượng trong nhà máy chế biến nông sản thực phẩm*, cũng tương tự như các nhà máy công nghiệp khác, liên quan nhiều hơn đến tiết kiệm năng lượng gốc hóa thạch. Xem chi tiết các biện pháp này ở Chương 6.

3.5 BẢO QUẢN NÔNG SẢN VÀ THỰC PHẨM

Phương thức bảo quản ảnh hưởng đến chất lượng và thời gian bảo quản, và cũng đòi hỏi các chi phí năng lượng khác nhau.

3.5.1 Bảo quản trong bao

Đây là cách bảo quản rẻ nhất trong điều kiện lao động bốc vác thủ công. Nhược điểm là phụ thuộc thời tiết. Trong điều kiện ngày nóng đêm ẩm, hạt hoặc nông sản khô chứa trong bao tải bị hồi ẩm vào ban đêm, nên giảm chất lượng sau khoảng 5 tháng, có khi ngắn hơn.

3.5.2 Bảo quản sấy khô

Đây cũng là dạng bảo quản cổ truyền của ông cha ta (cá khô, lương khô, v.v) và vẫn được dùng hiện nay. Ưu điểm là gọn, ít tốn năng lượng. Nhược điểm là chất lượng có biến đổi tùy loại sản phẩm, ví dụ quả vải sấy khô không ngon bằng quả tươi. Ngoài ra, sản phẩm vẫn bị ảnh hưởng thời tiết; khắc phục bằng cách dùng bao bì kín.

3.5.3 Bảo quản thông thoáng (*aerated storage*)

Bảo quản dùng không khí thông thoáng, qua khối hạt để nông sản không bị bốc nóng; ví dụ hạt khô bị hồi ẩm (do không khí ẩm ban đêm trong điều kiện nóng ẩm) được hạ ẩm độ theo định kỳ thông thoáng.

Phương pháp này cần tốn năng lượng cho quạt thông thoáng. Ở vùng nhiệt đới, có thể tốn thêm năng lượng nhiệt phụ trợ để giảm độ ẩm không khí vào những ngày mưa kéo dài (Phan H.Hiền 2001). Cần cân đối giữa năng lượng và thời gian khi quyết định sử dụng phương pháp này.

3.5.4 Bảo quản lạnh

Phương pháp lạnh phải dùng năng lượng điện là "năng lượng cao cấp", nghĩa là tốn nhiều năng lượng. Vấn đề là cân đối với thời gian cần tồn trữ. Ví dụ ở Mỹ, nếu trữ lạnh bắp 22 ngày, thì năng lượng tương đương với đóng hộp. Vận dụng tương tự ở Việt Nam: Nếu bảo quản để vận chuyển vải thiều ở Hưng Yên vào Tp Hồ Chí Minh trong 2 ngày, có thể dùng lạnh. Nhưng để 3 tháng sau mới ăn thì sấy khô hoặc đóng hộp sẽ thích hợp hơn.

3.5.5 Bảo quản kín (*hermetic storage*)

Thực chất, chế biến đóng hộp cũng là bảo quản kín, có thanh trùng. Vấn đề như đã nói, là năng lượng khá lớn cho hộp "thiếc" so với giá trị thực phẩm chứa trong đó.

Với nông sản dạng hạt rời, có bao bảo quản kín (tên cổ động: bao IRRI "Superbag"). Nông sản đựng trong bao mà không khí (có oxygen) không xuyên qua được. Thiếu oxygen sâu mọt không phát triển, bị chết. Hạt cũng giảm hô hấp. Thí nghiệm ở Philippines và Việt Nam (Bạc Liêu, An Giang, Huế…) cho kết quả rất tốt sau 10 tháng. Thí nghiệm bảo quản đậu phộng giống trong bao "Superbag" ở Tây Ninh (2005), kết quả sau 8 tháng, độ nẩy mầm là 98%, tương đương bảo quản lạnh, trong lúc đối chứng trong bao tải giảm nẩy mầm chỉ còn 1% (Phan H. Hiền 2011).

Vấn đề hiện nay là giá cả bao bì, trong nước chưa chế tạo được. Giá bao chứa 50 kg hạt rời là 2 USD, giá "*cocoon*" 5 tấn (bao phủ kín chứa nhiều bao thường ở trong) là 1200 USD. Có thể vận dụng nguyên lý "kín" để áp dụng với các bao bì chế tạo trong nước với các vật liệu khác nhau mà giá rẻ hơn.

Hình 3.10. Bao nylon kín bằng nhựa 3 lớp, sức chứa 50 kg

Hình 3.11. Túi "coccon" kín chứa từ 1 đến 300 tấn lúa. Nguồn: IRRI)

3.6 VẬN CHUYỂN

Vận chuyển sản phẩm và vật tư nằm ở tất cả các công đoạn của nông nghiệp và công nghiệp thực phẩm, nên cần đặt trong tổng thể qui hoạch nông nghiệp. So sánh giữa trồng tập trung ngoài trời ở nơi khí hậu phù hợp và trồng trong nhà kính điều khiển vi khí hậu (ví dụ trồng cà-rốt ở Đà Lạt và trong nhà kính ở Tp Hồ Chí Minh) là một bài toán cân đối năng lượng, và tùy thuộc nhiều vào năng lượng cho vận chuyển sản phẩm.

Năng lượng vận chuyển = f (Phương thức vận chuyển , Tốc độ)

Tốc độ vận chuyển ảnh hưởng đến chế biến (yếu tố thời gian và giá cả), lại bị ảnh hưởng bởi tình trạng tốt xấu của đường sá. Bảng 3.3 ghi số trung bình năng lượng cho các phương tiện vận chuyển ở Mỹ.

Bảng 3.3. Năng lượng vận chuyển ở Mỹ (Đơn vị: MJ / (tấn. km).

Tàu thủy	Tàu hỏa	Xe tải	Máy bay
0,3 – 0,4	0,5	2,5 – 3,5	30

Bảng 3.4 phân chia các thành phần chi phí năng lượng của vận chuyển bằng xe tải và rơ-móc. Chi phí cho xăng dầu là lớn nhất.

Bảng 3.4. Chi phí năng lượng vận chuyển bằng xe tải và rơ-móc (Fluck 1980)

Chi phí năng lượng	%	Ghi chú
Nhiên liệu (dầu, nhớt, mỡ)	76	76 % (3 phần)
Khấu hao	6	24 % (1 phần)
Sửa chữa	3	
Vỏ ruột xe	3	
Thuế, bảo hiểm, linh tinh	12	
Tổng =	100	

Chi phí vận chuyển ở Việt Nam (2009) trong khoảng 3000– 10000 đ /tấn.km, tùy độ cồng kềnh của mặt hàng. Bảng 3.5 so sánh 3 phương thức vận chuyển.

Bảng 3.5. Vận chuyển đường sông và đường bộ ở Việt Nam

	Ghe 12 HP	Xe tải 100 HP	Xe "Công Nông" 12-15 HP
Dầu diesel, Lít/ 100 km *Tỷ lệ so với đường sông*	12 *1 / 1*	30 *2 / 1*	8 *0,7 / 1*
Tải chở, tấn (t) *Tỷ lệ so với đường sông*	5 *1 / 1*	7- 12 *2 / 1*	2- 3 *0,4 / 1 – 0,6 / 1*
Tốc độ , km/ giờ *Tỷ lệ so với đường sông*	10 *1 / 1*	60 *6 / 1*	20 *2 / 1*
C_{v1} =Dầu diesel, MJ/(t. km)	1,1	2,0 - 1,2	1,9 - 1,3
C_{v2} =Dầu diesel, MJ/(t. h)	11,5	72 - 123	26 - 38

Ghi chú: Để có 1 lít diesel cần 47,8 MJ (= 38,7 + 9,1); xem Chương 2)

Ở hai dòng cuối của Bảng 3.5:

C_{v1} là chỉ tiêu năng lượng liên quan đến 2 yếu tố khối lượng và khoảng cách vận chuyển, chỉ tiêu này càng nhỏ càng tiết kiệm năng lượng.

C_{v2} so sánh thêm về tốc độ vận chuyển, tức là thêm yếu tố thời gian, C_{v2} càng lớn chứng tỏ khả năng chuyên chở nhanh.

Qua đó, thấy vận chuyển đường sông là tiết kiệm nhất, nhưng chậm nhất. Dùng ghe chở lúa từ miền Tây về mất vài ngày không sao, nhưng chở xoài hay chuối thì quá chậm.

Vấn đề vận chuyển sản phẩm nông nghiệp chưa được quan tâm đúng mức. Trong chiến lược "nội địa hóa" ô tô 1990-2010 (kết quả thấp), chủ yếu nói đến các ô-tô hàng trăm triệu đến hàng tỷ đồng. Trong lúc nông dân phải tự chế hàng trăm ngàn rơ-móc với giá chỉ 15- 50 triệu đồng theo sau xe công nông hoặc máy kéo; những xe này đảm đương khối lượng vận chuyển lớn, và luôn đối mặt với các lệnh cấm chạy trên đường. Xem Bảng 3.5, chỉ tiêu năng lượng C_{v1} của các loại xe tự chế này cũng tương đương xe tải. Ở nhiều địa phương ngoài đường quốc lộ chính, không còn đường nào khác để đưa nông sản đến gần chợ. Vì vậy, vấn đề không phải chỉ đơn giản là cấm, mà cải tiến tính an toàn cho các loại xe "nội địa" đầu tư thấp này phục vụ vận chuyển trong nông nghiệp.

Có thể tham khảo các thống kê chung về vận chuyển (phân, thuốc, máy móc, sản phẩm v.v). Ví dụ ở Mỹ, với khoảng cách trung bình 640 km, khối lượng vận chuyển chia ra 60% xe lửa, 40% xe tải. Năng lượng vận chuyển trung bình 1,07 MJ /kg, chỉ chiếm khoảng 6% tổng năng lượng chung trong chuỗi giá trị sản phẩm nông nghiệp và thực phẩm.

Ảnh: Trần Đ.Khải &K.V.Quốc (2010)

Hình 3.12: Vận chuyển nông sản bằng xe "Công Nông"

3.7 TÀI LIỆU THAM KHẢO

Brooker D. B., F. W. Bakker-Arkema, C. W. Hall. 1992. *Drying and storage of grains and oilseeds*. AVI Publ.Van Nostrand, New York.

Fluck R.C., C.B. Baird. 1980. *Agricultural energetics*. AVI Publ. Co., Connecticut, U.S.A

Fontana, C. 1983. *Concurrent-flow versus conventional drying of rice*. Ph.D. thesis, Michigan State University.

Phan Hiếu Hiền. 2011. *Báo cáo Khảo sát bảo quản kín ở Việt Nam*. Dự án ADB RETA 6489.

Phan Hiếu Hiền. 2001. *Công nghệ sau thu hoạch đối với sản xuất lúa giống*. Tập san KHKT Nông Lâm nghiệp, Số 1/2001, tr.63-67. ĐH Nông Lâm TP Hồ Chí Minh.

Phan Hiếu Hiền, N.V.Xuân, N.H.Tâm, L.V.BẠn, T.Vĩnh. 2000. *Máy sấy hạt ở Việt Nam*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.

Phan Hiếu Hiền. 1998. *Máy sấy hạt và chất lượng lúa gạo*. Kỷ yếu Hội thảo: "Ứng dụng tiến bộ kỹ thuật tổng hợp trong SX lúa phẩm chất cao", tại Viện Nghiên cứu Lúa Đồng bằng Sông Cửu Long, ngày 19-3-1998.

3.8 PHỤ LỤC

Tổn thất chất lượng lúa do phơi mớ ngoài đồng

(Số liệu thu thập ở Long An, 1998)

Để dễ gọi, "gạo" được hiểu là gạo 0% tấm, hoặc 5% tấm (gạo 5), hoặc 10% tấm (gạo 10), có giá cả khá chênh lệch với giá tấm; nghĩa là không xét đến "gạo nguyên liệu" như là gạo 25% tấm.

Giá gạo và giá tấm thay đổi tùy nơi tùy lúc. Thông thường giá tấm bằng 65-75% gạo 5 hoặc gạo 10. Ví dụ ở Long-An vào đầu tháng 3-1998, tấm 1600đ/kg, gạo 10 là 2800đ/kg. Ở thị trường quốc tế cũng vậy, giá tấm thường chỉ bằng 50- 70 % giá gạo.

So sánh sau đây dựa vào phỏng vấn và sổ sách tại một nhà máy xay ở Long An và các hàng xáo đem lúa đến gia công ở đó (Bảng 3.6). Hai phương thức là:

Trường hợp 1: (Cột 1 và 2, Bảng 3.6):

- Phơi đồng (viết tắt PĐ): Mua lúa khô ở Vĩnh Hưng, Mộc Hóa ... do nông dân phơi mớ ngoài đồng, ẩm độ đạt 15- 16%. Lúa khô giá 1620 đ/kg.

- Sấy máy SHG-4 (viết tắt SM): Mua lúa ướt (khoảng 25% ẩm độ) và sấy xuống 15%. Ước lượng cần 1,15 kg lúa ướt (giá 1400đ/kg) để có 1 kg lúa khô. Cộng với giá công sấy (35 đ/kg) thì giá thành 1 kg lúa khô là 1645 đ.

Trường hợp 2 (Cột 3 và 4): Mua lúa ướt giá rất cao; bán gạo không được giá, tấm có giá. Đây là trường hợp giá cả bất lợi cho sấy. Nhưng nếu sấy vẫn cho tỷ lệ gạo nguyên cao hơn 7% so với phơi, thì kết quả vẫn lời gấp 1,5 lần.

Trường hợp 3 (Cột 5 và 6): Mua lúa ướt giá khá cao; bán y như trường hợp 1. Nếu sấy chỉ hơn phơi đồng không quá 2% gạo nguyên, thì kết quả kinh doanh như nhau với chủ máy xay. Còn nông dân thì bán được lúa ướt, không mất công phơi.

Số liệu 2008 (Cột 7 và 8): Số liệu cập nhật ở Long An, có thể khác ở địa phương khác.

Bảng 3.6. So sánh kinh tế giữa các phương pháp phơi đồng PĐ và sấy máy SM (Phan Hiếu Hiền 1998) Ký hiệu: ♦ = đồng/ 1 kg lúa khô

Cột (0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	Trường **PĐ** (s.liệu L.An)	hợp **1 SM** (số liệu L.An)	Trường PĐ2 (Xem	hợp **2** SM2 ghi chú)	Trường PĐ3 (Xem	hợp **3** SM3 ghi chú)	**2008 PĐ**	**2008 SM**
Giá bán	**đ /kg**	**đ /kg**	**đ /kg**	**đ /kg**	**đ /kg**	**đ /kg**	**đ /kg**	**đ /kg**
Gạo 10	2800	2800	2750	2750	2800	2800	7800	7800
Tấm	1600	1600	**1900**	**1900**	1600	1600	6500	6500
Cám	900	900	900	900	900	900	4700	4700
Tỷ lệ thu hồi:	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**
Gạo 10	54,3	62,9	54,3	61,3	54,3	56,3	54,3	62,9
Tấm	8,8	2,3	8,8	3,9	8,8	8,9	8,8	2,3
≈Cám	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
CHI / ♦								
Lúa ướt, đ/kg		*1400*		***1440***		*1420*		*4250*
Giá sấy, đ/kg		*35*		*45*		*45*		*160*
Lúa khô, ♦	1620	1645	1620	1701	1620	1678	5000	5048
Công xay♦	80	80	80	80	80	80	150	150
Tổng	**1700**	**1725**	**1700**	**1781**	**1700**	**1758**	**5150**	**5198**
THU, ♦								
Gạo 10, đ	1520	1761	1493	1686	1520	1576	4235	4906
Tấm, đ	141	37	167	74	158	142	572	150
Cám, đ	81	81	81	81	81	81	423	423
Tổng	**1742**	**1879**	**1741**	**1841**	**1760**	**1800**	**5230**	**5479**
LỜI, ♦	**42**	**154**	**41**	**60**	**42**	**42**	**80**	**281**
Lợi nhuận, tr.đ	**0,6**	**2,3**	**0,6**	**0,9**	**0,6**	**0,6**	**1,2**	**4,2**
Tăng lợi nhuận, tr.đ		**+1,7**		**+0,3**		**+0**		**+3,0**
Tăng lợi nhuận, USD		**130**		**23**		**0**		**180**

Ghi chú: *Tổng lợi nhuận được tính với mức kinh doanh của một chủ hàng xáo mua và chế biến **15 tấn /ngày** (không kể lợi nhuận do xay xát).*

Nhận xét về các số liệu ở các Cột (1) và (2) của Bảng 3.6.

Chênh lêch lợi nhuận so với giá lúa = (154 - 42) /1645 * 100 = 6,8 % ≈ 7%

Chưa có điều tra nào chính xác về bao nhiêu phần trăm lúa đông xuân được phơi đồng như trên. Giả định trong tổng sản lượng 10 triệu tấn đông xuân của ĐBSCL, chỉ có 25% lúa phơi đồng, thì tổn thất do giảm chất lượng tương đương với: 7 % * (25 %) * 10 triệu tấn = 175 000 tấn,

ứng với giá trị là

175 000 tấn * 1,5 triệu đ/tấn = 260 tỷ đồng = khoảng ***20 triệu USD***.

(Tỷ giá 1998: 1 USD ≈ 13 000 đồng)

Vậy, *qui mô tổn thất này cũng khổng lồ không kém gì qui mô hao hụt số lượng vụ hè-thu*.

(Lúa hè thu nếu mất 3% của 5 triệu tấn lúa thu hoạch trong vụ này ở ĐBSCL nghĩa là 150 000 tấn, trị giá tương đương 240 tỷ đồng, cũng khoảng ***20 triệu USD***, theo tỷ giá 1998).

Ghi chú: Từ 1998 đến 2008, rất nhiều nỗ lực khuyến nông đã tác động đến nông dân, tỷ lệ phơi mớ ngoài đồng có giảm, nhưng chưa dứt hẳn; nghĩa là vẫn còn hao hụt do nhiều nơi vẫn phơi mớ.. Nguyên nhân sâu xa có thể ở vấn đề lợi ích giữa người trồng lúa và người buôn bán chế biến lúa gạo.

4 Năng lượng và môi trường nông nghiệp

4.1 DẪN NHẬP 66

4.2 MÔI TRƯỜNG VÀ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TOÀN CẦU 66

4.2.1 Hiệu ứng nhà kính và Trái đất nóng lên 67

4.2.2 Mưa acid 69

4.2.3 Lỗ thủng ô-zôn 70

4.2.4 Ô nhiễm không khí 70

4.3 ẢNH HƯỞNG SẢN XUẤT CÔNG NGHIỆP ĐẾN MÔI TRƯỜNG NÔNG NGHIỆP 70

4.4 MÔI TRƯỜNG NÔNG NGHIỆP BỊ ẢNH HƯƠNG BỞI CHÍNH SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP 73

4.4.1 Dư lượng phân bón, thuốc sâu, thuốc cỏ 73

4.4.2 Xói mòn đất 73

4.4.3 Các biện pháp bảo vệ môi trường (bao gồm nông nghiệp) 75

4.4.4 Chính sách năng lượng để bảo vệ môi trường 76

4.4.5 Chính trị, năng lượng, và môi trường 77

4.4.6 Cơ chế phát triển sạch CDM 78

4.5 TÀI LIỆU THAM KHẢO 79

4.6 PHỤ LỤC 80

Đổi đơn vị từ ppm thành mg /m^3 và ngược lại 80

4.1 DẪN NHẬP

Môi trường nông nghiệp (*nông nghiệp* hiểu theo nghĩa rộng, bao gồm cây trồng, vật nuôi, thủy sản) có thể tóm gọn bằng 2 chữ ĐẤT và NƯỚC. Ngược lại, với môi trường đô thị, rác, khí thải, tiếng ồn, và ô nhiễm không khí quan trọng hơn nhiều.

Hiện nay môi trường nông nghiệp đang bị xâm phạm dưới nhiều dạng, như ô nhiễm nguồn nước, mưa axit, đất đai bị xói mòn, nước biển mặn xâm lấn đất trồng, v.v Có thể phân ra 3 nguyên nhân lớn :

- Do biến đổi khí hậu toàn cầu.
- Do sản xuất công nghiệp và dịch vụ.
- Do chính bản thân sản xuất nông nghiệp.

Cả 3 nguồn này đều có liên quan đến việc khai thác và sử dụng năng lượng. Vì thế, hai chữ Năng lượng và Môi trường (*Energy and Environment*) là cặp đôi thường đi chung với nhau. Năng lượng giúp phát triển kinh tế, nhưng nền kinh tế phải trả chịu giá thêm bằng thiệt hại môi trường. Tương tự hút thuốc lá, GDP tăng nhờ sản xuất cây thuốc lá, chế biến thuốc điếu, nhưng cái giá phải trả thêm là chi phí điều trị ung thư ở bệnh viện, và mất người lao động đã được đào tạo. Nhà máy điện thải ra khí SO_2 làm thiệt hại nhà xưởng xuống cấp và ảnh hưởng không tốt đến sức khỏe cư dân; tuy những thiệt hại này là có thực và xã hội phải gánh chịu, gọi là ***chi phí môi trường*** (*external costs*) nhưng với chủ đầu tư nhà máy điện, chỉ là chuyện ngoại biên (external) không cần tính vào, nếu không bị luật pháp qui định.

Giải quyết vấn đề môi trường gồm 2 mặt:

- Đối phó với việc <u>đã xảy ra</u> (ô nhiễm...) như thế nào ?
- <u>Phòng ngừa</u> giảm thiểu các việc này như thế nào trong tương lai, để con cháu hưởng được một môi trường bền vững *(sustainable)* ?

4.2 MÔI TRƯỜNG VÀ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TOÀN CẦU

Vấn đề biến đổi khí hậu ảnh hưởng đến môi trường là quan tâm hàng đầu của toàn thế giới hiện nay. Các hiện tượng biến đổi khí hậu (*climate change*) bao gồm: hiệu ứng nhà kính (*greenhouse effect*), trái đất nóng lên

(*global warming*), mưa acid (*acid rain*), và lỗ thủng ô-zôn (*ozone depletion*).

4.2.1 Hiệu ứng nhà kính và Trái đất nóng lên

Có hơn 15 loại khí thải gây hiệu ứng nhà kính, hàng đầu gồm CO_2, CH_4, N_2O, CFC. Lượng methane CH_4 tuy ít, chỉ bằng 0,5% lượng CO_2 nhưng tác dụng (với cùng khối lượng) gấp 21 lần khí CO_2. Môi chất lạnh CFC (chlofluorcarbon) tác dụng gấp hơn 10000 lần so với CO_2. (Bảng 4.1)

Bảng 4.1. Các khí gây hiệu ứng nhà kính (ppm = 10^{-6}; ppb = 10^{-9}; ppt = 10^{-12})

	CO_2	CH_4	CFC-11	CFC-12	N_2O
Nồng độ	ppm_v	ppm_v	ppt_v	ppt_v	ppb_v
Thời chưa công nghiệp	280	0.790	0	0	280
Hiện nay	353	1 072	280	484	310
Sức tác động so với CO_2	1	21	12400	15800	310
Tồn tại trong khí quyển, năm	50-200	12- 17	65	130	120
Khả năng làm nóng trái đất, so với CO_2					
20 năm	1	62	4500	7100	290
100 năm	1	25	3500	7300	320
% góp phần vào hiệu ứng nhà kính, 1980-1990	55	15	24 (tất cả CFC)		6
Mức tăng hàng năm, %	0,5	0,9	4,0		0,3

Nguồn: *IPIECA, 1991, trích dẫn bởi RWEDP-ASIA. 1997.*

Về số lượng, đứng đầu vẫn là CO_2 (carbon dioxide). Hiệu ứng nhà kính do CO_2 có trong tự nhiên từ lâu, giữ cho nhiệt độ trái đất trung bình ở khoảng 15 ^oC, như là cân bằng giữa bức xạ do trái đất nhận được và phát đi. Nhưng con người đã phá vỡ sự cân bằng này. Người ta tính được: Cách đây 3 thế kỷ, mới bắt đầu cách mạng công nghiệp, chỉ có 170 tỷ tấn CO_2, và nồng độ CO_2 chỉ 280 ppm [#4.1] (Stanhill 1984). Năm 1995 nồng độ CO_2 tăng đến 360 ppm, do mỗi năm tăng thêm 3 tỷ tấn CO_2, (thực sự mỗi năm đốt và thải

[#4.1] Đơn vị: 1 ppm = 1 part per million = 1 phần triệu = 0,0001% ; theo khối lượng: 1 ppm = 1 mg / 1 kg. Xem Phụ lục Chương 4 về chuyển đổi đơn vị từ ppm thành mg/m^3

thêm 6 tỷ tấn CO_2 nhưng 3 tỷ tấn được thực vật hấp thu). Năm 2005 nồng độ CO_2 là 380 ppm.

Meadows (1972) sử dụng các số liệu 1958- 1970 và tiên đoán 1997 nồng độ CO_2 sẽ 367 ppm, quả gần đúng. Ngày nay, nhờ máy tính mạnh, các chương trình mô phỏng khá chính xác.

Số liệu chính về hệ quả môi trường của hiệu ứng nhà kính là từ năm 1760 đến 1990 (qua 230 năm) *nhiệt độ trái đất đã tăng 0,9 ^oC*, trong đó đã tăng 0,6 ^oC trong 100 năm qua.

Dự báo mức tăng nhiệt độ còn nhanh hơn nữa trong tương lai: Từ 1990 đến 2025 sẽ tăng 0,9 ^oC nếu con người không tác động kìm lại. Nếu có cam kết giảm khí thải (theo Nghị định thư Kyoto, xem Mục sau), nhiệt độ cũng tăng khoảng 0,5 ^oC.

4.2.1.1 Nguyên nhân của Hiệu ứng nhà kính và Trái đất nóng lên

Các nguồn sinh CO_2 gồm: công nghiệp 22%; sản xuất điện 58%; phá rừng 8%; nông nghiệp 12%; CFC 18%. Như vậy, 80% CO_2 ***do đốt nhiên liệu hóa thạch***. Bình quân đầu người, lượng khí nhà kính ở các nước phát triển gấp 8 lần các nước đang phát triển. Bảng 4.2 liệt kê các khí thải khi sản xuất điện từ các nguồn khác nhau.

4.2.1.2 Hệ quả của Hiệu ứng nhà kính và Trái đất nóng lên

- Băng tan ở Bắc cực. Từ 1990 đến nay, bề mặt phủ tuyết của Bắc bán cầu đã giảm 5%. Do đó mực nước biển dâng cao dần (một nghiên cứu báo cáo dâng 3 mm /năm).
- Khí hậu thay đổi, nơi thì khô hạn, nơi thì mưa nhiều hơn, lụt lội nhiều hơn. Nói chung lượng mưa tăng lên vì tầng khí quyển tăng lượng hơi nước. Ví dụ trận lụt năm 1991 ở Bangladesh làm ngập phần lớn đất đai, chết hơn 100 000 người, thiệt hại khoảng 3 tỉ USD tức khoảng 10% GDP của nước này.
- Dòng chảy thay đổi, gây nhiều dấu hiệu bất thường khác (cá vùng lạnh qua vùng nóng và ngược lại; đá trượt trên tuyết v.v).
- Thời tiết nóng lạnh bất thường ảnh hưởng đến sức khỏe con người và sản xuất nông nghiệp. Báo chí vẫn đăng tin hầu như năm nào ở Âu châu hoặc Á châu đều có hàng ngàn người chết vì nắng nóng hoặc rét lạnh; ở Việt Nam, hàng chục ngàn trâu bò bị chết, hàng chục ngàn hecta lúa bị mất trắng do rét.

- Mất đất vùng ven biển. Việt Nam là 1 trong 5 nước sẽ bị thiệt hại này nhiều nhất, đặc biệt là Đồng bằng Sông Cửu Long, vựa lúa của cả nước. Báo cáo (Wassman và Chu T.Hoành 2004) dự đoán khi mức nước biển dâng thêm 0,15 m (nếu xảy ra sớm có thể là vào 2025) vùng Châu thổ ĐBSCL sẽ bị đẩy lùi vào trong đất liền khoảng 20 km. Mũi Cà Mau có nguy cơ biến mất cũng do nguyên nhân này.
- Năng suất nông nghiệp giảm. Theo ước tính của Viện Lúa IRRI, nếu nhiệt độ trái đất tăng 1 ^{o}C, năng suất lúa sẽ giảm 10%.
- Tóm lại, biến đổi khí hậu ảnh hưởng chung đến nền kinh tế. Theo một nghiên cứu của Ngân hàng Thế giới, nhiệt độ tăng 5 ^{o}C, giá trị tổng sản lượng thế giới sẽ giảm 20%.

Bảng 4.2. Khí thải ô nhiễm do sản xuất điện, **tấn** /GWh. (1 GWh = 1 triệu kWh) tính cả chi phí điều chế nhiên liệu, xây dựng, và vận hành. (RWEDP-ASIA 1997)

	CO_2	NO_2	SO_2	"Bụi"	CO	HC	Cộng
Than, đốt thường	1058,2	2,986	2,971	1,626	0,267	0,102	1066,2
Than, đốt tầng sôi	1057,1	1,551	2,968	1,624	0,267	0,102	1063,6
Khí đốt thiên nhiên	824,0	0,251	0,336	1,176	--	--	825,8
Hạt nhân	8,6	0,034	0,029	0,003	0,016	0,001	8,7
+ chất thải hạt nhân 3,64 tấn/GWh ==>							12,3
Quang điện mặt trời	5,9	0,008	0,023	0,017	0,003	0,002	6,0
Nhiệt điện mặt trời	3,6	vết	vết	vết	vết	vết	3,6
Sinh khối *	0,0	0,614	0,154	0,512	11,361	0,768	13,4
Thủy điện	6,6	vết	vết	vết	vết	vết	6,6

Ghi chú: "Bụi" : TSP (*total suspended particulates*)
* Sinh khối: giả thiết có trồng lại cây.
vết = không đáng kể.

4.2.2 Mưa acid

Mưa acid do 2 chất: Khí SO_2 tác động hóa học biến thành H_2SO_4 (sulfuric acid) hoặc các sulfat tương ứng; và N_2O và NO_x biến thành nitrat. Chúng phát tán trong khí quyển, hòa với nước mưa thành mưa acid, tác dụng ăn mòn kim loại, vải v.v, thay đổi độ pH và ảnh hưởng có hại cho cây trồng và thủy sản. Vậy nguyên nhân cũng do đốt nhiên liệu hóa thạch (than đá, dầu).

4.2.3 Lỗ thủng ô-zôn

Ozone (O_3) ở tầng cao có thể hấp thu và ngăn tia cực tím, để bức xạ mặt trời đến mặt đất có lượng tia cực tím ở mức con người chịu được.

Clor được phóng thích từ phân huỷ chất CFC (ChloroFluoroCarbon) hay Freon, là chất xúc tác phá hủy O_3 tạo lỗ thủng ozone ở tầng khí quyển. Xúc tác nghĩa là không tham gia hoặc chỉ mất rất ít khối lượng trong phản ứng, nghĩa là tác dụng lâu dài. CFC được sử dụng nhiều trong công nghiệp lạnh. Từ năm 2000 nhờ các nước công nghiệp thỏa thuận giảm sử dụng CFC, tầng ozone được bảo vệ tốt hơn, và hy vọng sẽ được phục hồi trong 50 năm nữa.

4.2.4 Ô nhiễm không khí

Ô nhiễm không khí được quan tâm nhiều ở các đô thị, nơi mật độ dân số cao gấp trăm gấp ngàn lần ở nông thôn. Các chất gây ô nhiễm CO_2; CO; NO_x và bụi (particulate matter) đều gây độc hại trực tiếp cho người, nếu vượt quá mức cho phép. Ví dụ: nồng độ bụi không quá 140 $\mu g/m^3$ tính trong 24 giờ hoặc 40 $\mu g/m^3$ trong năm; CO không quá 40 mg/m^3 trong 1 giờ hoặc 10 mg/m^3 trong 8 giờ (RWEDP-ASIA 1997). Hậu quả của ô nhiễm không khí là tăng chi phí cho bệnh viện, là giảm năng suất lao động. Nói ô nhiễm không khí dẫn đến đói nghèo cũng không ngoa.

Có hai mục của nông nghiệp ảnh hưởng ngược lại đến môi trường khí quyển đô thị và toàn cầu. Một là đốt rơm rạ; vừa lãng phí năng lượng sinh khối, vừa đưa vào bầu khí quyển các chất khí gây ô nhiễm. Hai là chất thải vật nuôi, nếu không xử lý, sẽ gây mùi hôi thối và nhất là sản sinh methane CH_4, là chất có sức gây hiệu ứng nhà kính gấp 21 lần so với CO_2.

4.3 ẢNH HƯỞNG SẢN XUẤT CÔNG NGHIỆP ĐẾN MÔI TRƯỜNG NÔNG NGHIỆP

Tất cả các biến đổi khí hậu toàn cầu nói trên đều ảnh hưởng đến sản xuất nông nghiệp, như nhiệt độ nóng lên, mưa acid, v.v. Ngoài ra ở mức cục bộ địa phương, công nghiệp cũng trực tiếp ảnh hưởng xấu đến môi trường và môi trường nông nghiệp.

Sản xuất công nghiệp ảnh hưởng đến môi trường chung, ví dụ ở Đức (ECDGER 2003) đã tính các chi phí môi trường do các nguồn sản xuất điện ở Đức, và chi phí phòng ngừa để không bị các thiệt hại này (Bảng 4.3).

Có thể thấy điện từ năng lượng hóa thạch (than, khí đốt) có chi phí môi trường cao gấp 5- 20 lần so với năng lượng tái tạo như gió hoặc thủy điện.

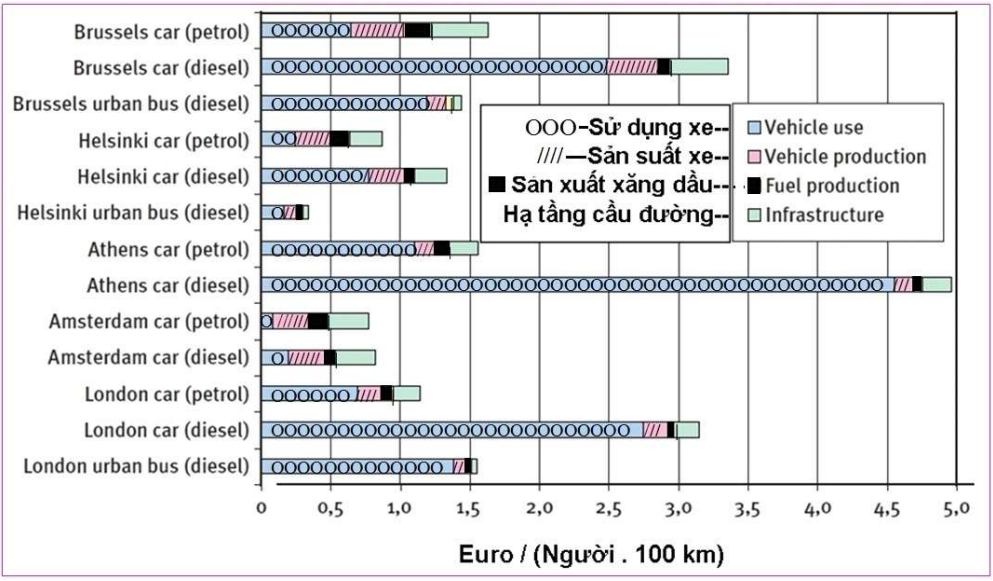
Bảng 4.3. Chi phí môi trường do sản xuất điện ở Đức (euro / 1000 kWh)

Chi phí do thiệt hại	**Than**	**Than bùn**	**Khí đốt**	**Gió**	**Thủy điện**
Tiếng ồn	0	0	0	0,05	0
Sức khỏe	7,30	9,90	3,40	0,72	0,51
Cơ sở vật chất	0,15	0,20	0,07	0,02	0,01
Cây trồng (nông nghiệp)	0	0	0	0,007	0,002
Cộng	**7,45**	**10,10**	**3,47**	**0,80**	**0,52**
Chi phí phòng ngừa					
*Cho hệ sinh thái	2,0	7,8	0,4	0,4	0,3
*Cho trái đất không nóng lên	16,0	20,0	7,3	0,4	0,3
Cộng	**18,0**	**27,8**	**7,7**	**0,8**	**0,6**
Tỷ số chi phí thiệt hại					
So với Gió	9,3	12,7	4,4	**1,0**	
So với Thủy điện	14,3	19,3	6,6		**1,0**

Ghi chú: Tính trên cơ sở 1 tấn CO_2 thải ra gây thiệt hại 19 € (euro)

Tương tự, vận chuyển cũng gây ra chi phí môi trường. Hình 4.1 là chi phí môi trường cho di chuyển của con người bằng các loại xe cá nhân diesel, xe xăng và xe buýt ở 5 thành phố của châu Âu. Số trung bình cho 13 số liệu này là 1,77 euro/ (người.100 km), với độ lệch chuẩn khá lớn, 1,32 euro/ (người.100 km).

Vận chuyển hàng hóa (ECDGER 2003) ở Đức (đơn vị tính = euro / 100 km cho thể tích chứa tương đương container 20 feet) gây nên chi phí môi trường là 10,5 euro cho container đường bộ, khoảng 3,8- 6,9 euro cho đường thủy, và chỉ 3,4 euro cho đường sắt. Các chi phí này bao gồm: tiếng ồn, kẹt xe, ô nhiễm không khí, trái đất nóng lên, và tai nạn. Với container đường bộ, tai nạn chiếm 42%, và ô nhiễm không khí chiếm 27% trong tổng số 10,5 euro nói trên. Các nghiên cứu và số liệu tương tự ở Việt Nam chưa có, nhưng tham khảo các số liệu trên đối chiếu với hàng loạt tai nạn kinh hoàng trên Quốc lộ 1 trong mấy năm qua, có thể định hướng quyết tâm xây dựng hệ thống vận chuyển hàng hóa bằng đường sắt và đường thủy.



Hình 4.1. Chi phí môi trường (euro cho 1 người đi 100 km) bằng các loại xe cá nhân (car diesel), xe xăng (car petrol) và xe buýt (bus) ở các thành phố Brussels (Bỉ), Helsiki (Phần Lan), Athens (Hy Lạp), Amsterdam (Hà Lan), và London (Anh). Số trung bình: 1,77 euro/100 km. (Nguồn: ECDGER 2003)

Sản xuất công nghiệp ảnh hưởng đến môi trường nông nghiệp, cụ thể là nước và đất.

Ô nhiễm nước do rác thải gia dụng hoặc rác công nghiệp, ví dụ từ các nhà máy dệt nhuộm; do chất lỏng thải từ các quá trình hóa học chứa các kim loại nặng như chì hoặc cadmium, và do vi sinh vật phát triển từ chất hữu cơ thải ra. Hệ quả là nước sông hồ, nước ngầm, và nước chảy ra biển đều bị ô nhiễm ở các mức độ khác nhau. Sản phẩm nuôi trồng với nguồn nước này đương nhiên cũng hấp thu các chất ô nhiễm này. Trường hợp đặc biệt, tàu chở dầu bị tai nạn làm tràn dầu ngoài biển có thể làm cá chết trên hàng trăm cây số vuông.

Ví dụ khá điển hình ở Việt Nam là vụ gây ô nhiễm do một nhà máy đầu độc sông Thị Vại (Đồng Nai) suốt 15 năm; đến 2008 mới bị phát hiện, Tòa án xử đến 2010 mới buộc được con số bồi thường hơn 100 tỷ đồng cho khoảng 2000 hộ nông dân ở Đồng Nai, Bà Rịa –Vũng Tàu và TP HCM.

Ô nhiễm nước ngầm kéo theo ô nhiễm đất đai, với cùng nguyên nhân là rác thải và kim loại nặng. Tuy nhiên, tác dụng trên đất đai lâu dài, nên ảnh hưởng xấu khó thấy hơn.

4.4 MÔI TRƯỜNG NÔNG NGHIỆP BỊ ẢNH HƯỞNG BỞI CHÍNH SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP

Bản thân sản xuất nông nghiệp cũng gây tác hại cho môi trường của nó, do hai dạng chủ yếu: **1/** Dư lượng phân bón, thuốc BVTV; **2/** Xói mòn đất.

4.4.1 Dư lượng phân bón, thuốc sâu, thuốc cỏ

Phân hóa học, đặc biệt là phân đạm, sử dụng thiếu hiệu quả không những lãng phí về mặt năng lượng sản xuất, mà còn gây ô nhiễm môi trường. Một nghiên cứu ở Thái Lan (Tirado và ctv 2008) cho thấy 20% phân N bón cho ruộng lúa đã trôi xuống sông do chảy tràn hoặc thấm xuống. Hàm lượng nitrate ở hơn nửa số giếng khoan ở miền Trung Thái Lan vượt mức, có khi cao gấp 3 lần so với mức giới hạn cho phép theo tổ chức WHO là 50 mg NO_3/ Lít.

Thuốc trừ sâu bệnh, thuốc diệt cỏ, ngoài tác dụng trực tiếp xấu đến người phun xịt nếu không che chắn đúng cách, còn có 2 ảnh hưởng gián tiếp. Một là ngấm vào sản phẩm cây trồng (rau quả) gây ngộ độc cho người tiêu dùng. Hai là gây ô nhiễm nguồn nước ảnh hưởng đến thủy sản. Xưa (vài chục năm trước) khi nước lũ về, cá tôm tràn đầy ở Đồng Tháp Mười. Nay, chỉ còn sơ sài, vì nước bị ô nhiễm dư lượng thuốc trên đồng.

4.4.2 Xói mòn đất

Đất đai bị xói mòn, tuy không phải là ô nhiễm trực tiếp, nhưng cũng là một dạng môi trường xuống cấp. Ở các xứ nhiệt đới, ngoài vùng lúa nước, xói mòn đặc biệt nghiêm trọng với đất dốc. Độ dốc ***0,5%*** (chênh độ cao 0,5 m với hai điểm cách nhau 100 m theo chiều nằm ngang) là giới hạn mà vượt quá sẽ gây xói mòn với các trận mưa lớn (Arnold 1986). Đối chiếu, ví dụ miền Đông Nam bộ đa số đất dốc từ 1,0 đến 14%, và các nghiên cứu địa hình vẫn gộp từ 0 đến 3% là "đất bằng phẳng" ! Một nguồn tin ở Đồng Nai, hàng năm 1 ha mía vùng Định Quán mất xuống sông La Ngà 20 tấn đất.

Thế nhưng chúng ta vẫn canh tác bắp, đậu, mía v.v, với cái giá phải trả là năng suất thấp hơn, chi phí cao hơn so với mức trung bình nhiều nước trên thế giới (khác với năng suất lúa nước Việt Nam thuộc loại khá cao). Hiện nay, nước ta vẫn nhập 60- 70% bắp, 100% đậu nành để chế biến thức ăn gia súc, và vẫn nhập bổ sung đường mía hàng năm. Một trong các lý do chính là môi trường đất bị xói mòn.

Ví dụ: Bắp (ngô) trồng trên đồi núi Sơn La. Hình 4.2 từ một khảo sát về phơi sấy ở Tỉnh này (Phan H. Hiền 2001). Các con sông dòng suối trở màu đỏ quệt phù sa sau một đêm mưa nhẹ; với lề lối canh tác ngô như vậy, có lẽ vài chục năm nữa không còn trồng ngô có lợi ở đây, vì đất bị rửa trôi cạn kiệt dưỡng chất; thực sự 2009 đã có nhiều tiếng nói quan ngại về vấn đề này.

Hình 4.2. Ngô trồng trên sườn đồi núi tại Sơn La. Việc bảo vệ đất chống xói mòn là quan trọng nhất đối với tất cả các chương trình phát triển. (Ảnh: P.H.Hiền)

Cũng thấy ở nhiều nước Âu Mỹ trồng hoa màu trên đất dốc hơn 5%. Nhưng mưa ở các nơi này phân bố đều trong năm, và lượng mưa nhẹ 50- 80 mm mỗi tháng. Ngược lại, TP Hồ Chí Minh, miền Đông Nam bộ, Tây Nguyên, mưa chỉ khoảng 6 tháng, có tháng lượng mưa hơn 300 mm, gây xói mòn trên đất dốc (P.H.Hiền và ctv 2010).

Có thể nói môi trường đất nông nghiệp đang ở mức báo động. Nhiều người quan tâm đến năng lượng cảnh báo rằng 70- 100 năm nữa năng lượng hóa thạch sẽ cạn kiệt. Nhưng tài nguyên đất của ta còn mau cạn kiệt hơn, có lẽ chỉ cỡ 30 năm nữa. Mất đất và mất nước nghĩa là mất tất cả ! Những chuyện thời sự như các nhà máy lén xả chất thải, phá rừng và lụt lội, cá biển mất ở Đồng Tháp Mười, bệnh ung thư gia tăng, v.v chỉ là những tảng nổi của khối băng ngầm đang tiến đến chúng ta và sắp gây đại họa cỡ như với chiếc tàu Titanic !

4.4.3 Các biện pháp bảo vệ môi trường (bao gồm nông nghiệp)

Bao gồm các biện pháp xử lý đối phó (*mitigation*), thích ứng (*adaptation*) và phòng tránh (*prevention*). Tất cả đều nhắm vào một đối tượng chính là ô nhiễm từ việc sử dụng năng lượng hóa thạch không tái tạo. Mục này chỉ liệt kê các biện pháp, không đi vào chi tiết, mà cả *ngành khoa học và công nghệ môi trường* tập trung giải quyết.

Trước nhất phải kiểm toán để có các số liệu cơ bản. Chất gì gây ô nhiễm? Số lượng bao nhiêu? Từ nguồn nào, công nghiệp hay nông nghiệp? Mất bao nhiêu?

Tiếp theo là áp dụng các biện pháp xử lý kỹ thuật, khác nhau tùy đối tượng.

4.4.3.1 **Nước**

Xử lý nguồn nước ô nhiễm bằng nhiều biện pháp: Lọc cơ học bằng túi lọc, trầm tích, kết tủa, v.v; lọc sinh học bằng hồ lắng và vi sinh vật; xử lý hóa chất, ví dụ than hoạt tính hấp thu chất hữu cơ hòa tan.

4.4.3.2 **Không khí**

Bao gồm lắng lọc bụi, hấp thu bụi...

4.4.3.3 **Chất thải rắn**

Xử lý tái chế hoặc xử lý sinh học. Đốt hay chôn phải cẩn thận và xem xét nhiều mặt; nhất là với plastics, chôn mấy chục năm chưa phân hủy.

4.4.3.4 **Các biện pháp phòng ngừa / thay thế**

⇒ Thay thế năng lượng hóa thạch bằng năng lượng sạch (***mặt trời, gió, thủy năng, sinh khối***). Ví dụ: đốt trấu hoặc bã mía thay cho đốt than đá. Trong đó năng lượng sinh khối (biomass) là giải pháp chủ lực tương lai mà nông nghiệp có thể đóng góp.

⇒ Tái tạo rừng: Rừng cung cấp củi, ngoài các công dụng truyền thống như gỗ xây dựng, còn cung cấp củi để sử dụng năng lượng trực tiếp (đốt) hay gián tiếp (phát điện, chế biến nhiên liệu). Rừng còn là "lá chắn" bảo vệ đất, bớt gây lũ lụt và giữ đất nông nghiệp ở vùng đất thấp hơn.

⇒ Bảo vệ đất đai, nhất là đất dốc, phòng ngừa xói mòn. *San laser* (trình bày ở Chương 2) là một trong các biện pháp hữu hiệu.

⇒ Các ví dụ về phòng ngừa / thay thế ở Việt Nam

- Dùng ethanol, LPG chạy động cơ thay xăng dầu (rất nhiều ở Brazil; Việt Nam mới bắt đầu áp dụng).

- Xe hơi và xe gắn máy chạy LPG thay xăng. Theo tài liệu giới thiệu ở Đại học Đà Nẵng: 1 kg gas chạy được 100 km. Quan trọng là giảm 80% khí độc CO so với xăng.
- Quản lý dịch hại tổng hợp (IPM = *Integrated Pest Management*): tiết kiệm năng lượng thuốc, đồng thời giảm tác hại môi trường.
- Tương tự, chương trình "*1 Phải 5 Giảm*" [#4.4] của Bộ Nông nghiệp–PTNT cũng góp phần giảm ô nhiễm môi trường nông nghiệp bằng cách giảm bớt sử dụng lượng phân hóa học và lượng thuốc.

⇒ Vấn đề ***giáo dục và chính sách*** về "vệ sinh môi trường" là CƠ BẢN nhất. Chắc phải 99% là việc tự giác của toàn dân, chỉ 1% là việc của các cơ quan quản lý chế tài, khi đó mới bền vững được. Ở đô thị, toàn dân phân loại rác; ở nông thôn, toàn dân không phá rừng, không lạm dụng hóa chất nông nghiệp. Các việc này rất khó với người Việt Nam chúng ta, nhưng khó mức nào cũng phải thực hiện cho được, nếu không sẽ đồng nghĩa với tiêu phí hết tài sản của con cháu !

4.4.4 Chính sách năng lượng để bảo vệ môi trường

- Chính sách thể hiện qua các qui chế và luật lệ của Nhà nước (cấm, không cấm, phạt và thưởng).
- Chính sách thể hiện qua các mức thuế. Ví dụ: miễn /giảm thuế cho năng lượng sạch; đánh thuế cao (Bảng 4.4) với công nghệ gây ra nhiều CO_2.

Bảng 4.4. Giá xăng dầu ở Đức (euro /Lít), và Việt Nam (đ/Lít, qui euro theo tỷ giá)

	Đức						Việt Nam	
Năm	1960	1980	1990	2000	***2004***	25/8 /2014	10/ 2008	25/8 /2014
Xăng	0,12	0,25	0,30	0,57	***1,20***	1,43 €	*16 000* đ (0,75€)	24 200 đ (0,80 €)
Diesel	0,10	0,22	0,22	0,39	***1,00***	-	*14 500* đ (0,72 €)	-
	70% là thuế ⇑						(*VN*: *Thuế nhẹ hơn*)	

[#4.4] **1 Phải** = phải dùng giống xác nhận ; **5 Giảm** = giảm lượng giống gieo, phân hóa học, thuốc bảo vệ thực vật, nước tưới, và hao hụt sau thu hoạch.

- Các chính sách khác: Ví dụ như khuyến khích sử dụng xe đạp ở Hà Lan; hoặc xe buýt ở các nước phát triển.

4.4.5 Năng lượng, môi trường, và chính trị

Tháng 6-1992, Liên Hiệp Quốc mở "*Hội nghị về Môi trường và Phát triển*" ở Rio de Janeiro (Brazil), còn gọi là "Earth Summit", với sự tham dự của 172 nước, trong đó có 108 nguyên thủ quốc gia. Hội nghị bàn về các vấn đề về năng lượng và môi trường liên quan đến phát triển kinh tế. Một văn kiện quan trọng được nhất trí là "*Công ước về Biến đổi khí hậu*" làm nền tảng cho Nghị định thư Kyoto sau này.

Nghị định thư Kyoto (*Kyoto Protocol*) được thông qua năm 1997, các nước phát triển cam kết vào năm 2010 sẽ giảm lượng khí thải 5% so với 1990:

Ngay từ khi thông qua Nghị định thư, người ta cũng thấy ngay chỉ thực hiện được nếu ký kết bao gồm 55 nước trong danh sách ảnh hưởng đến 55% lượng khí phát thải.

Thực tế đến 2003, có 120 nước ký kết, nhưng chỉ ảnh hưởng đến 44% lượng khí thải. Việt Nam phê chuẩn năm 2002, Úc năm 2007. Nhưng các nước "lớn về khí thải công nghiệp" như Mỹ, Nhật, Trung Quốc vẫn chưa thông qua văn kiện này (Bảng 4.5). Năm 2005 Mỹ và Trung Quốc mỗi nước chiếm 17% tổng khí thải toàn cầu do nhiên liệu hóa thạch, so với toàn Liên minh Châu Âu chỉ 27%.

Bảng 4.5. Mức phát thải khí ô nhiễm (đơn vị = triệu tấn C)

	Mỹ	Nhật	Việt Nam
Mức 1990	1510	307	26 (1994)
Dự báo 2010 (thấp / cao)	1860 / 2150	360 / 400	41
Lượng phải giảm	450 / 740	73 / 113	-

1 tấn C (carbon) $\approx$ (12 /44) tấn CO_2 = 0,273 tấn CO_2.

Mỹ là nước "sản xuất" nhiều CO_2 nhất, chiếm hơn 25% toàn cầu vào năm 1994 (chỉ bị Trung Quốc vượt qua gần đây vào năm 2009). Đụng chạm đến quyền lợi của nước dùng nhiều dầu hỏa nhất, Mỹ liên tục chống đối. Ví dụ: Ngay sau khi Nghi định thư Kyoto được ký vào năm 1997, Thượng viện Mỹ lập tức không thông qua Nghị định này. Chiến tranh vùng Vịnh với sự cầm đầu của Mỹ, tiêu tốn hết 50 tỉ USD và làm 200 000 người chết, cũng ở trong chiến lược bảo vệ nguồn năng lượng đang làm biến đổi khí hậu và gây ô nhiễm. Năng lượng và môi trường đã bị chính trị lấn lướt và gây thêm nhiều tác hại.

4.4.6 Cơ chế phát triển sạch CDM

(*Clean Development Mechanism*)

Dù phê chuẩn Nghị định thư Kyoto hay không, các nước đều cố gắng giảm lượng khí thải. Vậy, đã hình thành thị trường mua bán khí thải (*CO_2 emission trading*). Cơ bản là các nước giàu đã "lỡ xài sang" tiêu thụ nhiều năng lượng, không thể giảm nhiều ảnh hưởng đến mức sống của dân chúng. Nhưng đã cam kết giảm khí thải, làm thế nào? Họ bèn đến các nước đang phát triển, tìm kiếm (hoặc hỗ trợ phát triển) các dự án sử dụng năng lượng tái tạo, dự án phục hồi rừng v/v, và các con số giảm CO_2 do các dự án này mang lại. Họ mua lượng khí thải này (trên giấy, bên bán là các nước đang phát triển), giá 1 tấn CO_2 khoảng 5– 10 USD. Đó là CDM (*clean development mechanism* = cơ chế phát triển sạch). Ví dụ: Hà Lan giúp Việt Nam phát triển biogas thay thế nấu ăn bằng dầu hoặc khí đốt. Giá trị CO_2 được tính trừ vào giá trị viện trợ, coi như họ mua CO_2 của Việt Nam.

Hiện đã có các qui định và tiêu chuẩn về buôn bán như mức độ bền vững của giải pháp, đo lường được, có vai trò tích cực, phù hợp chính sách, giảm phát thải, cơ chế thị trường… Vấn đề: Ai bán? Ai mua? Bán ở đâu? Bán từ hoạt động gì ?

Hiện tại, nhóm nhiều tiềm năng CDM là biogas và biomass, còn nhóm ít tiềm năng bao gồm năng lượng mặt trời và nông nghiệp.

Tuy nhiên cơ chế CDM khá rắc rối về thương lượng và thủ tục (ví dụ: trồng rừng sau khi chặt phá rừng không được kể là tạo ra CO_2). Hiện tại CDM vẫn là thị trường của người mua, người bán ít có quyền chọn lựa và quyết định.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Arnold R (Ed.). 1986. *Land forming for improved surface irrigation, 11st edition*. New South Wales Agriculture.

ECDG ER (European Commission, Directorate-General for Energy Research). 2003. *External Costs: Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 24 pp.

IEPF (Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie). 2004. *Actes du séminaire la bioénergie en Asie du Sud Est (Cambodge, Laos,Vietnam). Hô Chi Minh Ville, Vietnam, 15- 19* /12 / 2003.

Kitani O. (Ed.). 1999. *CIGR Handbook in Agricultural Engineering*. Vol.5, p.42- 44. Am. Soc. Agr. Engineers.

http://www.ases.org. 2002. *Externalities and environment*.

Meadows D. 1972. *Limits to growth*. New American Library Inc, New York.

Nguyễn Thọ Nhân. 2009. *Biến đổi khí hậu và Năng lượng*. Nxb Tri thức, Hà Nội.

Phan Hiếu Hiền, N.Đ.Cảnh, P.D.Lam, T.V.Khanh. 2010. *San phẳng ruộng điều khiển bằng laser*: Chương 5 trong Công nghệ sau thu hoạch lúa gạo ở Việt Nam. Dự án sau thu hoạch lúa gạo ADB-IRRI 6489. Nxb Nông nghiệp, Tp Hồ Chí Minh.

Phan Hiếu Hiền. 2001. *Báo cáo Khảo sát tình hình phơi sấy hạt và hạt giống ở các Tỉnh phía Bắc*. Hợp phần Giống, Chương trình Hỗ trợ Ngành Nông nghiệp, Danida và Bộ NN-PTNT.

RWEDP (Regional Wood Energy Development Programme in A.sia). 1997. *Energy and Environment Basics: RWEDP Report No. 29, 2nd ed*. FAO Bangkok.

Stanhill G. 1984. *Energy and agriculture*. Springer-Verlag, Berlin.

Tirado, R., A.J. Englande, L. Promakasikorn, V. Novotny. 2008. *Use of agrochemical in Thailand and its consequences for the environment*. Greenpeace Laboratories Technical note 03/2008.

Wassmann, R., NX Hien, CT Hoanh, TP Tuong, 2004. *Sea level rise affecting Vietnamese Mekong Delta: Water elevation in flood season and implications for rice production.*

4.6 PHỤ LỤC

Đổi đơn vị từ ppm thành mg /m^3 và ngược lại

Định nghĩa:

Theo khối lượng

1 ppm = 1 part per million = 1 phần triệu = 0,0001%

1 ppm = 1 mg / (10^6 mg) = 1 mg / 1 kg.

Theo thể tích

1 ppm_V = 1 mg / 1 m^3

Chuyển đổi giữa Nồng độ theo thể tích và theo khối lượng:

Chất khí	g /mol	ppm → mg/m^3 (nhân với hệ số)	mg/m^3 → ppm (nhân với hệ số)
CO carbon mooxide	28	1,16	0,86
NO_2 nitrogen dioxide	46	1,91	0,52
SO_2 sulfur dioxide	64	2,66	0,38
HCHO formaldehyde	30	1,25	0,80
C_6H_6 benzene	78	3,25	0,31

Ví dụ 1:

Nồng độ CO đo được trong khí thải là 10 mg/m^3 .
Chuyển đổi theo khối lượng, tương ứng với 0,86 * 10 = 8,6 ppm.

Ví dụ 2:

HCHO formaldehyde có ở mức 0,3 ppm
Chuyển đổi theo thể tích, tương ứng với 1,25 * 0,3 = 0,375 mg/m^3

Nguồn: (RWEDP 1997, trích dẫn:
J. Usinger. 1996. *Manual on simple monitoring for the control of indoor air and combustion quality standards in developing countries*. WHO/HEP-GTZ)

5 Vài vấn đề về Kinh tế Năng lượng

5.1 DẪN NHẬP 82

5.2 CÁC KHÁI NIỆM LIÊN QUAN 82
5.2.1 Tổng sản lượng quốc gia GNP 82
5.2.2 Tổng sản phẩm quốc nội GDP 82
5.2.3 Hệ số thu trương e 83
5.2.4 Hàm sản xuất Cobb-Douglas 83
5.2.5 Các vấn đề về chi phí của năng lượng 84

5.3 CÁC THÀNH PHẦN CHI PHÍ SẢN PHẨM 85
5.3.1 Khấu hao 86
5.3.2 Sửa chữa 87
5.3.3 Lãi vay 87
5.3.4 Năng lượng cung cấp 88
5.3.5 Lao động 89
5.3.6 Tóm tắt: 89

5.4 THỜI GIAN HOÀN VỐN VÀ SUẤT NỘI HOÀN 89
5.4.1 Bài toán kinh tế 89
5.4.2 Thời gian hoàn vốn (pay-back period) 90
5.4.3 Suất nội hoàn 91
5.4.4 Bảng thu chi và tính suất nội hoàn bằng Excel 94
5.4.5 Ghi chú về suất nội hoàn 96

5.5 BẢNG TÍNH EXCEL 96

5.6 THAY LỜI KẾT 97

5.7 TÀI LIỆU THAM KHẢO 97

5.8 PHỤ LỤC: HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG BẢNG TÍNH CHI PHÍ 99

5.1 DẪN NHẬP

Kinh tế và năng lượng không tách rời nhau, ở mức vĩ mô hoặc vi mô. Kinh tế năng lượng là lĩnh vực kinh tế về các vấn đề khai thác, chế biến, vận chuyển, tiêu thụ và sử dụng hiệu quả năng lượng, và các vấn đề kinh tế liên quan đến năng lượng như xử lý chất thải do sử dụng năng lượng, cơ chế tài chính. Đây là ngành kinh tế trọng điểm của mỗi quốc gia, và phạm vi rất rộng. Vì vậy Chương này chỉ giới thiệu, nhắc lại một số khái niệm liên quan cơ bản, và nêu vài tính toán cơ bản; nhằm hai mục đích giới hạn:

a) Để dễ hiểu các vấn đề liên quan đến kinh tế trong các Chương khác;

b) Để nhà Kỹ thuật dễ giao tiếp với nhà Kinh tế. Thực sự, Dự án lớn nào cũng đều có tham gia của hai giới này. Mỗi bên đều cần một số kiến thức tối thiểu để tự giải quyết những việc nhỏ, và bàn bạc ***hiểu nhau hơn*** trong những việc lớn hơn.

5.2 CÁC KHÁI NIỆM LIÊN QUAN

5.2.1 Tổng sản lượng quốc gia GNP

GNP (*Gross National Product*) là tổng giá trị bằng tiền của các sản phẩm cuối cùng và dịch vụ mà công dân một nước (ở trong hay ngoài nước) làm ra trong một năm.

GNP không tính việc sản xuất xảy ra ở đâu. Một Công ty điện tử do công dân Nhật đầu tư tại Việt Nam thì lợi nhuận sau thuế từ nhà máy này được tính vào GNP của Nhật, cũng như lương của kỹ thuật viên người Nhật. Nhưng lương của công nhân người Việt thì tính vào GNP của Việt Nam.

Lưu ý: Sản phẩm cuối cùng là hàng hóa được tiêu thụ bởi những người tiêu dùng chứ không phải là những sản phẩm trung gian trong sản xuất ra những sản phẩm khác.

5.2.2 Tổng sản phẩm quốc nội GDP

GDP (*Gross Domestic Product*) là giá trị của tất cả hàng hóa và dịch vụ cuối cùng được sản xuất ra trong phạm vi một lãnh thổ quốc gia trong một năm.

Vậy, ở ví dụ trên, tất cả các thu nhập sau khi bán hàng từ nhà máy điện tử Nhật đầu tư được tính vào GDP của Việt Nam.

GDP cũng được dùng tương tự để chỉ tổng sản phẩm trong một địa phương như tỉnh, huyện.

GDP bình quân đầu người của một quốc gia hay lãnh thổ tại một thời điểm nhất định là GDP chia cho dân số cũng tại thời điểm đó.

(Tham khảo thêm: "GNP Wiki", và "GDP Wiki" tiếng Việt)

5.2.3 Hệ số thu trương e

Hệ số thu trương ***e*** là tỷ số giữa phần trăm thay đổi một biến số và phần trăm thay đổi một biến số khác. Ví dụ thay đổi nhu cầu sản phẩm C so với thay đổi giá cả P.

Công thức định nghĩa:

$$e = \left| \frac{\partial Ln\ C}{\partial Ln\ P} \right| = \left| \frac{\partial C}{\partial P} \frac{P}{C} \right| \approx \left| \frac{\Delta C\ /\ C}{\Delta P / P} \right| = \left| \frac{\%\Delta C}{\%\Delta P} \right|$$

Khái niệm này có thể áp dụng giữa các sản phẩm, giữa các dạng năng lượng. Ví dụ, ảnh hưởng thay đổi giá xăng dầu đến chi phí sản xuất lúa.

5.2.4 Hàm sản xuất Cobb-Douglas

Do nhà kinh tế Paul Douglas và nhà toán học Charles Cobbs tìm ra khoảng thập niên 1920, dùng số liệu của nền kinh tế Mỹ giai đoạn 1899-1922, mô tả giá trị đầu ra của sản xuất P như là hàm số của 2 biến: *Vốn K (giá trị các cơ sở vật chất như nhà xưởng, máy móc)* và *Lao động L (tổng giờ công lao động trong một năm)*. Hàm có dạng:

$$P = \mathrm{f}(K, L) = b\ K^{\alpha}\ L^{\beta}$$

α, β gọi là hệ số thu trương của sản phẩm P đối với các yếu tố K và L. Ví dụ $\beta = 0{,}15$ nghĩa là tăng lao động lên 1% sẽ tăng sản phẩm lên khoảng 0,15%.

Nếu $\alpha + \beta = 1$: (trường hợp hàm gốc của Cobb-Douglas, $\alpha = ¼$, $\beta = ¾$), khi K và L đều tăng 20%, thì P cũng tăng 20%.

Nếu $\alpha + \beta < 1$: khi K và L đều tăng 20%, thì P tăng dưới 20%.

Nếu $\alpha + \beta > 1$: khi K và L đều tăng 20%, thì P tăng hơn 20%.

Sau này, người ta mở rộng ứng dụng của hàm sản xuất Cobbs-Douglas ra nhiều lĩnh vực kinh tế vĩ mô và vi mô, với nhiều biến số khác nhau tùy mục đích nghiên cứu; hàm số vẫn giữ dạng nguyên thủy:

$$Y = \beta_0 \ X1^{\beta 1} \ X2^{\beta 2} \ X3^{\beta 3} \ \dots$$

Ví dụ 1: Y = năng suất cây trồng
$X1$ = năng lượng nhiên liệu dầu mỏ (năng lượng trực tiếp)
$X2$ = năng lượng gián tiếp, như phân bón, nông dược.
$X3$ = lao động thủ công.
…

Ví dụ 2: Y = năng suất cây trồng
$X1$ = năng lượng không tái tạo (nhiên liệu dầu mỏ, than, v.v).
$X2$ = năng lượng tái tạo (sinh khối, mặt trời, v.v).

Một phê bình là hàm sản xuất không để ý đến các tiến bộ kỹ thuật và công nghệ theo thời gian, nên gần đây, người ta đưa thêm biến số về thời gian Xt để điều chỉnh, và như vậy:

$$Y = \beta_0 \ X1^{\beta 1} \ X2^{\beta 2} \ X3^{\beta 3} \ \dots \ Xt^{\beta t}$$

Mô hình cho phép tiên đoán khuynh hướng diễn biến của các yếu tố đầu ra theo các yếu tố đầu vào.

5.2.5 Các vấn đề về chi phí của năng lượng

- Chi phí sản xuất các dạng năng lượng.
- Chi phí cung cấp và phân bố năng lượng đến người sử dụng.
- Chi phí sử dụng năng lượng.
- Chi phí giải quyết các hệ quả của sử dụng năng lượng.
- v.v.

Trong các vấn đề trên, cơ bản là tính được *chi phí sản phẩm*.

5.3 CÁC THÀNH PHẦN CHI PHÍ SẢN PHẨM

Ghi chú: Trong các công thức tính sau đây, thay vì gọi tắt các biến số và thông số, ta dùng cách gọi tương tự như các chương trình Pascal hay QuickBasic đã dùng. Biến số được viết liền nhau, nối bằng chữ hoa và *in nghiêng*. Ví dụ,

thay vì viết: $X = v * t$

ta viết: *KhoảngĐường = VậnTốc * ThờiGian*

Đơn vị tính được ghi trong ngoặc vuông, ví dụ [m], [m/s], [kg], [đồng], có thể ghi ngay sau các biến số, ví dụ,

*KhoảngĐường[m] = VậnTốc[m/s] * ThờiGian[s]*

Lợi điểm của cách viết này là bớt được một số định nghĩa mặc nhiên.

Hàm chi phí C của sản phẩm bao gồm nhiều thành phần:

$C = C_1 + C_2 + C_3 + ... + ...$

Mục này chỉ trình bày các thành phần chi phí sản phẩm liên quan đến việc sử dụng thiết bị, bao gồm:

1) Khấu hao
2) Lãi vay
3) Sửa chữa
4) Năng lượng cung cấp (điện, chất đốt…)
5) Công lao động

Đơn vị tính chi phí là ***đồng / đvsp***. (***đvsp*** = đơn vị sản phẩm)

Ký hiệu: ***CHI***_*XXX* = chi phí thành phần XXX ***tính trên 1 đvsp***.

Ví dụ: *CHI_KhấuHao* = chi phí khấu hao / đvsp

CHI_LaoĐộng = chi phí lao động / đvsp v.v.

Ghi chú:

Chi phí cuối cùng của một đơn vị sản phẩm còn bao gồm chi phí nguyên vật liệu, chi phí quản lý, thuế v.v, mà ở đây không đề cập đến.

Để tính các thành phần chi phí, cần nhập một số dữ liệu để dùng trong các công thức tính, sẽ được trình bày ở mỗi phần. Một dữ liệu cơ bản được dùng trong hầu hết các công thức là ***năng suất máy***, qui ra đơn vị sản phẩm ***mỗi giờ***; từ đó có thể qui ra năng suất máy mỗi năm. Phần trình bày sau

kèm theo một ví dụ với các con số minh họa (đánh dấu ✍) Ví dụ: máy sấy nui (macaroni) ra được 330 kg khô trong 6 giờ (Hình 5.3):

NăngSuấtMỗiGiờ[đvsp/h] ✍ = (330 / 6) = 55 nui khô /h

NăngSuấtMỗiNăm[đvsp/năm]
= *NăngSuấtMỗiGiờ*[đvsp/h] * *SốGiờHoạtĐộngMỗiNăm*[h]

✍ = 55 kg /h * (6 h /ngày) * (330 ngày /năm) ≈ 108 900 kg /năm.

Sau đây là cách tính các thành phần chi phí sản phẩm.

5.3. Khấu hao

Khấu hao là giá trị của cơ sở vật chất, còn được gọi là tài sản cố định, bị giảm theo thời gian. Giá trị này được coi là một thành phần chi phí phản ánh sự hao mòn cơ sở vật chất cho đến khi phải đầu tư mới.

Đầu tư cơ sở vật chất gồm 2 mục chính: thiết bị và nhà xưởng. Thiết bị có thể có hoặc không có phần động lực. Ví dụ: "Máy" nước nóng năng lượng mặt trời không có động cơ; máy sấy NLMT có động cơ điện. Nhà xưởng cũng có thể cần hoặc không cần, tùy theo tính chất và qui mô của thiết bị.

Dữ liệu cần biết

GiáThiếtBị[đ] và *TuổiThọThiếtBị*[năm]

GiáNhàXưởng và *TuổiThọNhàXưởng*[năm]

NăngSuấtMỗiGiờ[đvsp]

NăngSuấtMỗiNăm[đvsp]
= *NăngSuấtMỗiGiờ*[đvsp] * *SốGiờHoạtĐộngMỗiNăm*[h]

KhấuHaoThiếtBịMỗiNăm = *GiáThiếtBị*[đ] / *TuổiThọThiếtBị*[năm]

CHI_KhấuHaoThiếtBị = *(KhấuHaoThiếtBịMỗiNăm)* / *NăngSuấtMỗiNăm*[đvsp]

Tương tự:

CHI_KhấuHaoNhàXưởng = *(KhấuHaoNhàXưởngMỗiNăm)* / *NăngSuấtMỗiNăm*[đvsp]

Vậy:

CHI_KhấuHao = *CHI_KhấuHaoThiếtBị* + *CHI_KhấuHaoNhàXưởng*

Để đơn giản hóa, có thể gộp chi phí thuê đất trong mục khấu hao nhà xưởng.

Ghi chú:

a) Cách tính khấu hao trên (chia đều theo thời gian) là đơn giản nhất trong số nhiều cách khác.

b) Khi tính khấu hao, coi như hết đời máy thì cũng không có giá trị phế liệu. Cách nhìn nhận này vừa đơn giản hóa tính toán, vừa dự phòng phần nào cho lạm phát đồng tiền.

c) Giá nhà xưởng thay đổi khá rộng. Cùng 100 m^2 nhà, có thể tốn 20 triệu đồng để che cho thiết bị hoạt động đủ tuổi thọ 5 năm, nhưng cũng có thể tốn đến 200 triệu đồng, bền vững 30 năm hoặc hơn. Để đơn giản hóa, ta ước tính giá trị nhà xưởng đủ dùng cho đời thiết bị, và không cần duy tu trong thời gian này.

d) Tuổi thọ đa số thiết bị thường không quá 12 000 giờ. Tuy nhiên cũng có ngoại lệ, ví dụ tấm pin mặt trời đến hơn 15 năm, tức là hơn 50 000 giờ.

5.3.2 Sửa chữa

Tất cả thiết bị qua sử dụng đều bị hao mòn, phải bảo trì hoặc sửa chữa. Qua kinh nghiệm sử dụng, có thể thống kê được:

Tổng chi phí sửa chữa suốt đời máy = (*X%*) *giá trị đầu tư ban đầu*

Hệ số *X%* thay đổi tùy loại thiết bị và tùy chất lượng ban đầu. Ví dụ Tổng chi phí sửa chữa một máy gặt đập liên hợp lúa *X%* = 40% giá mua máy ban đầu. Nghĩa là chi phí sửa chữa tương đương với một tỷ lệ của thành phần khấu hao (Phan H.Hiền và ctv 2000).

Tóm tắt, tính chi phí Khấu hao và Sửa chữa và Linh tinh bằng cách nhân chi phí khấu hao với hệ số (*X%* / 100).

CHI_SửaChữa = (*X%* /100) * *CHI_KhấuHao*

5.3.3 Lãi vay

Đồng tiền luôn có giá trị sinh lãi. Không có tiền đầu tư máy XYZ thì phải đi vay và trả lãi theo thời gian. Nếu có sẵn tiền thì đồng tiền đó có thể gửi ngân hàng lấy lãi nếu không đầu tư máy. Vì thế, một thành phần chi phí là giá trị sinh lợi của vốn đầu tư.

Người ta thường tính lãi suất theo tháng. Ví dụ: 1% /tháng = 12 % /năm (không tính kép).

Công thức và Tính toán:

$$LãiVayVốnMỗiNăm = 0{,}5 * TổngĐầuTư * (LãiSuấtVay[\%/năm] / 100)$$

Ghi chú: Hệ số 0,5 để tính đến mức trung bình; năm đầu trả lãi nhiều nhất, năm cuối của đời máy trả ít nhất.

$$CHI_LãiVay = LãiVayVốnMỗiNăm / NăngSuấtMỗiNăm[đvsp]$$

5.3.4 Năng lượng cung cấp

Năng lượng thường chia ra 2 thành phần: Điện năng (hoặc xăng dầu cho động cơ), và Nhiệt năng từ chất đốt. Với máy sấy có cả hai. Với máy kéo cày, chỉ có một thành phần. Với bình nước nóng năng lượng mặt trời thì không có cả 2 thành phần này.

Các dữ liệu cần thiết:

- *NăngSuấtMỗiGiờ*[đvsp]
- *TiêuThụChấtĐốt*[kg /h] (hoặc *[Lít/h]* nếu đốt dầu).
- *GiáChấtĐốt*[đ /kg]
- *TiêuThụĐiện* [kWh /h]
- *GiáĐiện*[đ /kWh]

Từ đó, tính được chi phí chất đốt để có một đơn vị sản phẩm:

$$ChiChấtĐốt[đ/đvsp] = TiêuThụChấtĐốt[kg/h] * GiáChấtĐốt[đ/kg] / NăngSuấtMỗiGiờ[đvsp]$$

Chi phí năng lượng điện

$$ChiNăngLượngĐiện[đ/đvsp] = NăngLượngĐiện[kWh/h] * GiáĐiện[đ/kWh] / NăngSuấtMỗiGiờ[đvsp]$$

$$CHI_NăngLượng = ChiChấtĐốt[đ/đvsp] + ChiNăngLượngĐiện[đ/đvsp]$$

5.3.5 Lao động

Dữ liệu cần biết

TổngCôngLaoĐộng[đ /ca]. *Ca 8 giờ (tính với 7h thực làm việc).*

tính từ số thợ và tiền công trả cho các thợ này.

CôngLaoĐộngMỗiGiờ[đ/ h] = *TổngCôngLaoĐộng*[đ/ ca] / *7*[h]

CHI_LaoĐộng[đ/đvsp] = *CôngLaoĐộngMỗiGiờ*[đ/h] /*NăngSuấtMỗiGiờ*[đvsp]

Tóm tắt:

CHI_Tổng = CHI_KhấuHao + CHI_SửaChữa + CHI_LãiVay + CHI_LaoĐộng + CHI_NăngLượng

(Xem Mục cuối bài về bảng tính Excel).

Trên đây là mục CHI.

Tiếp theo là mục THU từ khách hàng tính trên đơn vị sản phẩm.

Như vậy: LÃI = THU – CHI.

Mục tiếp theo sẽ xem xét khả năng sinh lợi của việc kinh doanh này, so với vốn bỏ ra.

5.4 THỜI GIAN HOÀN VỐN VÀ SUẤT NỘI HOÀN

5.4.1 Bài toán kinh tế

Bỏ tiền ra làm gì đó để thu lợi nhuận sau một thời gian đều có thể gọi là "Đầu tư"; qui mô có thể là đầu tư hàng tỷ đồng, cũng có thể chỉ là vài trăm ngàn đồng. Kế hoạch chi tiết của quá trình đầu tư và sử dụng nguồn lực đầu tư hợp lý nhất được gọi là "Dự án đầu tư".

Dự án cần được "hoạch định" lộ trình thực hiện và ***lợi nhuận***. Các chỉ tiêu đặc trưng của lợi nhuận hay hiệu quả kinh tế có thể được ước tính và trình bày sau đây.

Biết 2 dữ liệu:

1) Đầu tư, hoặc đầu tư thêm ΔD đồng vào một kỹ thuật hay giải pháp mới, so với một phương án cơ sở hay truyền thống nào đó.

2) Mỗi năm (hay mỗi tháng, mỗi ngày) thu lợi với một kỹ thuật hay giải pháp mới này được L đồng.

Hãy phân tích lợi hại để quyết định đầu tư hay không.

Thực tế bài toán phức tạp hơn vì còn tính đến các yếu tố môi trường và xã hội để phát triển bền vững (*bền vững = kinh tế + môi trường + xã hội*). Về kinh tế đơn thuần, hai tiêu chí đặc trưng cho lời giải của một bài toán kinh tế là *Thời gian hoàn vốn* và *Suất nội hoàn*.

5.4.2 Thời gian hoàn vốn

Công thức tính *Thời gian hoàn vốn* (*pay-back period*):

$$ThờiGianHoànVốn\,[Năm) = \frac{ĐầuTư}{TổngThuMỗiNăm - TổngChiMỗiNăm}$$

Ví dụ: *Đầu tư* cho máy XYZ = 135 000 000 đồng.

Thu Lãi Mỗi Năm (= *Thu Mỗi Năm* – *ChiMỗi Năm*) = 54 500 000 đồng.

Tuổi thọ của thiết bị = 5 năm.

$$ThờiGianHoànVốn[Năm] = \frac{135\,000\,000}{54\,500\,000} \approx 2{,}5 \text{ năm}$$

Thông thường, với các dự án "nhỏ", người ta coi là khá bất trắc nếu thời gian hoàn vốn vượt quá 4 - 5 năm. Ngược lại, các dự án lớn thường tính với 15 năm hoặc hơn.

<u>*Ghi chú*</u>:

Trong công thức trên, *TổngChiMỗiNăm* có thể tính theo 2 cách:

- Không tính chi phí khấu hao. Đây là cách thường dùng trong các tính toán tài chính, và các ngân hàng áp dụng. Nếu vay 300 triệu đồng để sắm một máy sấy, và thời gian hoàn vốn là 2 năm, ngân hàng nhận lại được vốn, và tiếp tục cho vay lại 300 triệu đồng. Sau 10 năm có được 5 chu kỳ, với 5 máy sấy, tất cả đều từ ngân hàng cho vay.
- Có tính chi phí khấu hao. Đây là cách tính trên quan điểm phát triển, nhất là với các nhà đầu tư có vốn hạn chế ban đầu, có thể phải đi vay,

nhưng sau đó muốn phát triển trên cơ sở vốn nội lực của mình. Với ví dụ vay 300 triệu đồng trên, thời gian hoàn vốn sẽ lâu hơn, ví dụ 2,5 năm; sau 4 chu kỳ (10 năm), lần lượt có 1, 2, 4, 8 máy sấy; nếu thời gian hoàn vốn 3 năm, sau 3 chu kỳ (9 năm), có 1, 2, 4 máy. Dù ít hay nhiều máy, điểm mấu chốt là các máy phát triển từ nội lực kinh doanh, không còn đi vay nữa. Quan điểm này coi như là *phát triển bền vững*.

Các nhà kinh tế thường cho là "thời gian hoàn vốn" chỉ cho biết tốc độ thu hồi vốn mà thôi, chứ chưa nói được mức hấp dẫn của Dự án. Chỉ tiêu này không liên hệ được với tuổi thọ thiết bị. Nếu tính được thời gian hoàn vốn là 3 năm, mà máy chỉ thọ 2 năm? Hoặc ngược lại, đời máy là 6 năm, thì lời lỗ thế nào sau khi hoàn vốn? Hiển nhiên là thời gian hoàn vốn phải xảy ra trước khi thiết bị hết thọ!

Vì vậy, một chỉ tiêu khác để đánh giá là ***suất nội hoàn*** (= suất lợi nhuận nội tại, tỷ suất lợi nhuận; tiếng Anh: ***Internal Rate of Return***, viết tắt ***IRR***); đây là chỉ tiêu phổ biến nhất để phân tích kinh tế và đánh giá một Dự án đầu tư.

5.4.3 Suất nội hoàn

Để hiểu chỉ tiêu này, cần biết khái niệm về *Lãi suất* và *Giá trị hiện tại* của đồng tiền.

5.4.3.1 Lãi suất và Giá trị hiện tại

Lãi suất là giá trị đồng tiền theo các thời điểm khác nhau. Nói lãi suất bằng 5 %, nghĩa là 100 đ hiện tại tương đương với 105 đ sau 1 năm, hoặc 110,2 đ sau 2 năm. Ngược lại, 100 đ mà sau 1 năm mới nhận được chỉ tương đương với 95,2 đ giá trị hiện tại.

Bài toán 1:

Biết: P = giá trị hiện tại (*Present value*), đồng.
$i\%$ = lãi suất, % /năm. Ký hiệu $i = i\%/100$.
Ví dụ: $i\% = 12$; $i = 0{,}12$.
$\boldsymbol{n}$ = số năm tính lãi suất (cuối năm thứ $\boldsymbol{n}$).
Tính: F = giá trị trong tương lai, đồng (sau $\boldsymbol{n}$ năm).

Hoặc ngược lại, biết F, tính P.

Công thức: $F = P * (1+i)^n = \frac{P}{k_F}$ với $k_F = \frac{1}{(1+i)^n}$

Chứng minh như sau:

Giá trị hiện tại $= P$ (đ)

Giá trị sau 1 năm $= P + P * i = P * (1+i)^1$

Giá trị sau 2 năm $= P * (1+i) + P * (1+i) * (1+i) = P * (1+i)^2$

v.v...

Giá trị sau ***n*** năm: $F = P * (1+i)^n = \frac{P}{k_F}$,

với k_F định nghĩa như trên.

Đảo công thức trên, tính được chuyển từ giá trị tương lai sang giá trị hiện tại:

$$P = F * \left(\frac{1}{(1+i)^n} \right) = F * k_F$$

Ví dụ 1: Với lãi suất 1% /tháng hay 12% /năm (i = 0,12), ước lượng thửa đất hiện sở hữu sau một năm có thể bán được 100 triệu đồng. Thực sự, số tiền đó tương ứng với giá trị hiện tại là:

$P = F * k_F$ = 100 triệu * 0,893 = 89,3 triệu,

với $k_F = \frac{1}{(1+0{,}12)^1} = 0{,}893$

Ví dụ 2: Hiện có 1 triệu đồng, cho ngân hàng vay với lãi suất 15% /năm (i = 0,15). Sau 5 năm, rút ra được: $F = \frac{P}{k_F} = \frac{1\ triệu}{0{,}497}$ = 2,01 triệu;

với $k_F = \frac{1}{(1+0{,}15)^5} = 0{,}497$

Các tính toán sau đây quan tâm nhiều hơn đến giá trị hiện tại của đồng tiền.

Bài toán 2: Ước tính mỗi năm thu được ***L*** đ, và lặp lại (kéo dài) trong ***N*** năm (j = 1, 2, ..., N). Giá trị hiện tại của tổng thu qua ***N*** năm là:

$$P = \frac{L}{(1+i)^1} + \frac{L}{(1+i)^2} + ... + \frac{L}{(1+i)^N} \ ;$$

Có thể chứng minh được:

$$P \ = \ L * \frac{(1+i)^N - 1}{i \ * (1+i)^N} \ = \ L \ * \ k_L$$

$$\text{với} \quad k_L = \frac{(1+i)^N - 1}{i \ * (1+i)^N}$$

Ví dụ: Với thiết bị XXZ, ước tính mỗi năm tiết kiệm 10 triệu đồng nhiên liệu. Cứ mỗi năm lấy "lợi nhuận" này cho ngân hàng vay. Với lãi suất *i*% = 15 % /năm ($i = 0{,}15$), sau 3 năm, số tiền 10 * 3 = 30 triệu đồng chỉ tương đương với giá trị hiện tại là:

$$P = \ 10 * [\frac{1}{(1+0{,}15)^1} + \frac{1}{(1+0{,}15)^2} + \frac{1}{(1+0{,}15)^3}] = 22{,}8 \text{ triệu đồng}$$

hoặc tính theo công thức $P \ = \ L \ * \ k_L \ =$ 10 triệu * 2,283 = 22,8 triệu đ.

$$\text{với} \ \ k_L = \frac{(1+i)^N - 1}{i \ * (1+i)^N} \ = 2{,}283, \ \text{và} \ \ i = 0{,}15, \ \ \boldsymbol{N} = 3$$

5.4.3.2 **Suất nội hoàn**

Suất nội hoàn IRR là mức lãi suất mà, trong một thời gian dự kiến nhất định (thường là đời của thiết bị), *Tổng Thu* bằng *Tổng Chi*. Viết dạng công thức, với Thu và Chi đều qui về giá trị hiện tại:

$$\Sigma \ Chi \ - \ \Sigma \ Thu \ = \ 0$$

Nếu Tổng Thu được tính tích lũy từ nhiều năm trong đời của thiết bị :

$$Chi \ Đầu \ tư \ ban \ đầu \ - \ \Sigma \ Thu \ Lợi \ Mỗi \ Năm \ = \ 0$$

Ví dụ: Với thiết bị XYZ:
ChiĐầuTư = 135 triệu đ. Tuổi thọ của thiết bị = 5 năm.
ThuLãi MỗiNăm: 54,5 triệu đ.

Tính được r = IRR = 29,2% (Xem bảng tính Excel)

Kết quả tính này từ giải phương trình:

$$NPV = -135 + \frac{54{,}5}{(1+r)^1} + \frac{54{,}5}{(1+r)^2} + \frac{54{,}5}{(1+r)^3} + \frac{54{,}5}{(1+r)^4} + \frac{54{,}5}{(1+r)^5} = 0$$

được áp dụng từ công thức chung:

$$NPV = C_0 + \sum_{n=1}^{N} \frac{L_n}{(1+r)^n} = 0$$

Trong đó: NPV = giá trị hiện tại (*Net Present Value*)

C_0 = đầu tư ban đầu (trị số ***âm*** -)

L_n = thu lợi trong năm thứ ***n,*** với ***n*** = 1, 2, …, ***N***, tính đến cuối năm.

Ý nghĩa: Nếu phải vay ngân hàng 135 triệu để đầu tư thiết bị, với lãi suất 29,2 % /năm, thì sau 5 năm kinh doanh và trả nợ ngân hàng, người chủ coi như huề, không lỗ không lời. Nếu vay với lãi suất thấp hơn 29,2% /năm, thì đầu tư có lời. Suất nội hoàn càng lớn thì khả năng sinh lợi của vốn đầu tư càng cao và khả năng chịu dựng rủi ro tăng lãi suất càng cao.

5.4.4 Bảng thu chi và tính suất nội hoàn bằng Excel

Các tính toán trên (thủ công) chỉ có tính minh họa. Thực tế ngày nay với máy tính, có thể giải rất nhanh bài toán suất nội hoàn bằng bảng tính Excel. Trước hết, cần đưa số liệu bảng thu chi (*cash flow* = dòng lưu chuyển tiền), như Bảng 5.1 hoặc 5.2. Số liệu vẽ thành đồ thị tương ứng (Hình 5.1 và 5.2) mô tả dòng chảy tiền tệ, là cơ sở để tính suất nội hoàn IRR.

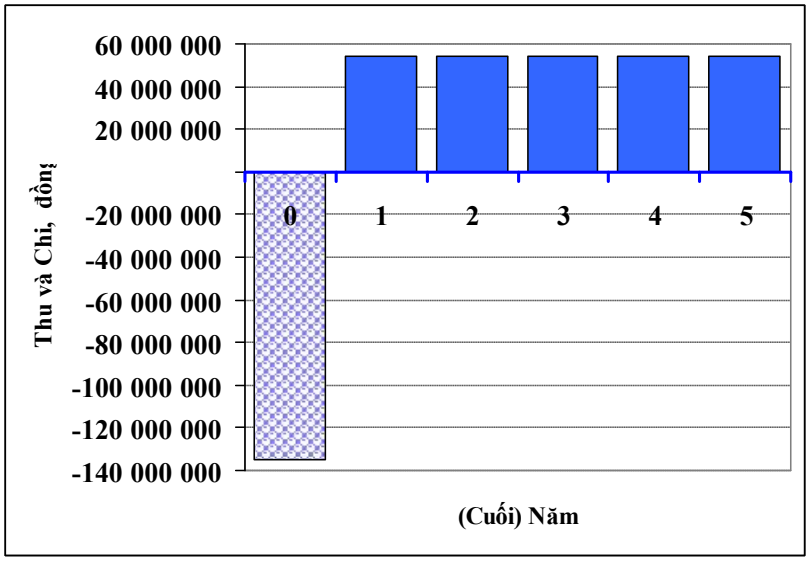
Tùy theo gian cách thu chi bằng nhau hay khác nhau, áp dụng hai hàm sau:

Hàm IRR (Suất nội hoàn với gian cách bằng nhau)

Bảng 5.1. Suất nội hoàn IRR với gian cách bằng nhau

	A	B	C
1	*(Cuối)Năm*	*Tiền, đ*	*Ghi chú*
2	0	-135 000 000	Đầu tư ban đầu
3	1	54 500 000	Thu lợi mỗi năm
4	2	54 500 000	
5	3	54 500 000	
6	4	54 500 000	
7	5	54 500 000	
8	**IRR**	**29.2%**	

Vào công thức = IRR(B2:B7 , 0.1)



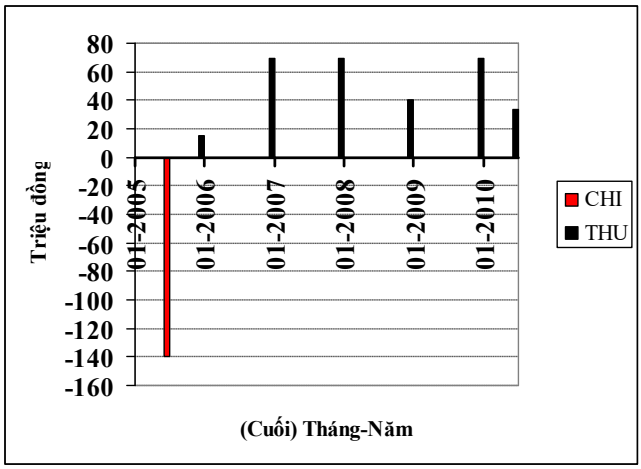
Hình 5.1. Dòng tiền (cash flow) theo Bảng 5.1

Hàm XIRR (Suất nội hoàn với gian cách <u>không</u> bằng nhau)

Bảng 5.2. Số liệu tính IRR với gian cách không bằng nhau

	A	B	C
1	*Cuối ngày*	*tr.đ*	*Ghi chú*
2	15-06-2005	-140	Đầu tư máy ban đầu
3	31-12-2005	15	Năm đầu thu lợi ít
4	31-12-2006	69	Thu lợi ổn định / năm
5	31-12-2007	69	""
6	31-12-2008	40	Dự kiến sửa chữa lớn
7	31-12-2009	69	Thu lợi ổn định
8	15-06-2010	34	Dự kiến thay máy mới
9	**XIRR =**	**30.1%**	

Vào công thức = XIRR(B2:B8 , A2:A8 , 0.1)



Hình 5.2. Dòng tiền theo Bảng 5.2

5.4.5 Ghi chú về suất nội hoàn

Suất nội hoàn thực sự còn bị ảnh hưởng của nhiều yếu tố khác, là lĩnh vực phức tạp của các nhà kinh tế. Ví dụ ảnh hưởng của ***lạm phát***. Với tỷ lệ lạm phát nhỏ chừng vài ba phần trăm, và với tuổi thọ tương đối ngắn chừng 5- 7 năm, nếu tăng IRR bằng cách cộng thêm với tỷ lệ lạm phát này, cũng không ảnh hưởng nhiều đến kết quả tính. Tuy nhiên, trường hợp tỷ lệ lạm phát rất cao, và với nhiều biến thiên khác như điều kiện vay và trả ngân hàng.., và nhất là với tuổi thọ công trình khá dài 15- 40 năm, phải cần các chuyên gia kinh tế để tính điều chỉnh IRR cho phù hợp.

Vì vậy, phương pháp IRR trình bày trên chỉ nhằm đưa ra một công cụ để dễ so sánh chọn lựa giữa nhiều phương án khác nhau, với cùng một bộ giả định và cách tính toán.

5.5 BẢNG TÍNH EXCEL

Các tính toán trình bày ở trên được đúc kết trong một bảng tính Excel *KTeSDungMay.XLS* với tính đa dụng cao, nghĩa là áp dụng chung cho nhiều loại máy và nhiều ngành công nghệ.

Xem hướng dẫn sử dụng ở Mục Phụ lục.

Ví dụ **minh họa (**đánh dấu 🖎) lấy từ dữ liệu của máy sấy nui macaroni (ký hiệu SNUI-330) theo giá tháng 12-2010 (sấy 330 kg nui trong 6 h, hạ ẩm độ từ 45% xuống 8%). Dù máy sử dụng bộ thu nhiệt năng lượng mặt trời, nhưng tính trung bình trong năm, cần dự phòng nguồn nhiệt phụ than đá,

chiếm 20% tổng nhiệt lượng cần thiết, cụ thể là 1 kg/giờ. Như đã nói, trong chi phí sản xuất 1 kg nui chỉ để ý đến các thành phần liên quan đến việc sử dụng máy sấy, không tính chi phí nguyên liệu (bột mì, màu thực phẩm) và các chi phí quản lý.

Hình 5.3 và 5.4 là kết quả chép lại từ bảng tính, ví dụ với máy sấy trên . Hình 5.5 là kết quả với bình nước nóng năng lượng mặt trời.

5.6 THAY LỜI KẾT

Ba chỉ tiêu *Chi phí sản phẩm với các thành phần khác nhau*, *Thời gian hoàn vốn*, *Suất nội hoàn* trong cùng một bảng tính giúp chúng ta tập trung suy nghĩ về các giải pháp để nâng cao hiệu quả kinh tế, dựa vào các công thức và bảng tính, để nhanh chóng chọn lựa các giải pháp phù hợp. Ví dụ, để giảm chi phí sản phẩm, có thể:

- Giảm chi phí đầu tư để giảm khấu hao (với cùng năng suất máy).
- Tăng thời gian sử dụng trong năm, tăng hiệu quả sử dụng để có nhiều sản phẩm hơn trong năm.
- Giảm chi phí năng lượng và lao động. Điều này đòi hỏi cân đối với giá thành đầu tư cải tiến thiết bị, hoặc giá thiết bị mắc hơn.

Trên đây là vài tính toán có tính chất giới thiệu để người Kỹ sư dễ giao tiếp với nhà Kinh tế. Như đã nói trên, "kinh tế" chỉ là một yếu tố cùng với hai yếu tố khác là "môi trường" và "xã hội" trong việc quyết định đầu tư. Thực sự, Dự án lớn nào cũng đều có tham gia của nhiều chuyên ngành. Mỗi ngành đều cần một số kiến thức tối thiểu để tự giải quyết những việc nhỏ, và bàn bạc ***hiểu nhau hơn*** trong những việc lớn hơn, bao gồm nhiều mặt khác nhau.

5.7 TÀI LIỆU THAM KHẢO

ASABE. 2006. *ASAE Standards: Agricultural Machinery Management Data D497.5 Feb2006*.

De Garmo E.P., W.G. Sullivan, J.A. Bontadelli. 1988. *Engineering economy*, 8th edition. Macmillan Publ. Co., New York, U.S.A.

Fluck R.C., C.B. Baird. 1980. *Agricultural energetics (pp70-84: Energy and Economics)*. AVI Publ. Co., Connecticut, U.S.A.

Heyzer J., B. Render.1998. *Production and operations management*. Prentice Hall Inc.

Microsoft Corp. Advanced Excel Business Center. 2010. *Internal Rate of Return*. <http://www.advanced-excel.com/internal_rate_of_return.html>

Phan Hiếu Hiền, N.V.Xuân, N.H.Tâm, L.V.Bạn, T.Vĩnh. 2000. *Máy sấy hạt ở Việt Nam*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội. 2000.

Phan Hieu Hien, L. Q. Vinh, T. T. T. Thuy, T. V. Tuan. 2009. *Development of solar-assisted dryers for food and farm crops*. Transactions of the ASABE Vol. 52(4) p.255-1259

Wikipedia. 2011. *Gross national product.*
<http://en.wikipedia.org/wiki/Gross_national_product>

5.8 PHỤ LỤC: HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG BẢNG TÍNH CHI PHÍ

5.8.1 Mật khẩu

Bảng tính có cài password (**sdm**) để khỏi vào nhầm số liệu vào các ô có công thức. Nếu muốn sửa bảng tính, nên chép thành file với tên mới, bỏ tính năng bảo vệ (unprotect); như vậy vẫn lưu file gốc để đối chiếu.

5.8.2 Vào số liệu

Vào số liệu (input) ở các ô màu xanh lá cây; các ô khác được bảo vệ (protected).

Các số liệu gồm:

- Năng suất máy và đơn vị tính đầy đủ, Excel tự động chép xuống phần dưới.
- Tỷ lệ *X*% sửa chữa, lãi suất ngân hàng, v.v.

5.8.3 Khấu hao

Bảng tính phân biệt phần đầu tư cho máy động lực và máy công tác. Ví dụ như Máy kéo và Máy nông nghiệp có khấu hao riêng. Nhưng máy sấy với động cơ điện thì tính chung phần động cơ vào máy công tác. Với bình đun nước nóng năng lượng mặt trời cũng vậy, không có phần động lực; "máy công tác" chính là thiết bị.

Lưu ý đời khấu hao máy không quá 12 000 giờ, trừ các trường hợp ngoại lệ.

Khi giá mua = 0 đồng, các số liệu khác (số năm và giờ sử dụng không còn ý nghĩa, không cần sửa).

Nhà xưởng, đất đai: Cũng để tính khấu hao.

5.8.4 Sửa chữa bảo trì

Vào số liệu: *X%* = tổng chi sửa chữa suốt đời máy so với giá mua máy. Tham khảo *Sheet SuDung*, hoặc dựa trên kinh nghiệm địa phương.

5.8.5 Lãi suất Ngân hàng

Ghi lãi đơn theo %/năm, ví dụ 0,5% /tháng = 6% /năm.

5.8.6 Năng lượng

Phân biệt năng lượng cho động cơ và năng lượng cho máy công tác.

Thường có 2 loại đơn vị tính cho mẫu số (diện tích hoặc thời gian), nên chọn ô thích hợp để đưa vào. Ô không dùng, đánh **kd**.

Với thiết bị sấy năng lượng mặt trời có nguồn nhiệt phụ hỗ trợ, tính theo % đóng góp của nguồn nhiệt hỗ trợ.

Ví dụ: Có dùng lò than đá 5 kg/h trong 20% thời gian sấy, mẻ sấy 6 giờ.
Vậy tiêu thụ than đá = (5 kg/h *6 h) * (20 /100) = 6 kg.
Chia cho thời gian mẻ sấy ⇒ chi phí than trung bình = 1 kg /h.

5.8.7 Lao động

Chia 2 mức lao động cho trường hợp có 2 mức lương khác nhau: Thợ chính (lao động kỹ thuật, như lái máy gặt đập liên hợp, đốt lò máy sấy) và thợ phụ (lao động giản đơn, như người vô bao lúa, bốc vác).

Trường hợp có lao động trả lương theo sản phẩm (khoán), ví dụ lao động bốc vác tính tiền theo đầu tấn, có thể qui lao động khoán thành một số công lao động giản đơn tương đương, vì thực ra khoán là đúc kết năng suất lao động với mức lương tương xứng.

Ví dụ: Khoán bốc vác một mẻ sấy vỉ ngang là 12 000 đ /tấn. Mẻ sấy 10 tấn, bốc vác vô và ra lúa 20 tấn, chi phí tất cả = 240 000 đ. Nếu mẻ sấy kéo dài 11 giờ, chi phí lao động bốc vác tương đương với 240 000 /11 = 21 800 đ /h hay 21 800 * 8 = 174 400đ /ngày 8h. Nếu ngày công là 60 000 đ, thì chi phí bốc vác trên tương đương thuê 3 người (≈ 174 000 / 60 000).

5.8.8 Thời gian hoàn vốn, Suất nội hoàn IRR, Dòng tiền (cash flow)

Cần một số liệu bổ sung là **Lãi mỗi đvsp (đồng)**. Tính riêng cho mỗi sản phẩm cụ thể, xem xét tất cả các yếu tố:

- Nguyên vật liệu,
- Quản lý phí, thuế.
- Giá bán. v.v.

Vài ví dụ:

1) Tính chi phí sản xuất nui gồm chi phí sử dụng thiết bị như trên, cộng chi phí nguyên liệu bột mì, phụ gia, thuế v.v. Xét giá có thể bán, và trừ chi phí, có được lãi, ví dụ 400 đ /kg thành phẩm.

2) Tính chi phí đun nóng 1 m^3 nước nóng. "Lãi" cho m^3 này là tiền tiết kiệm được so với trước đây đun nóng bằng điện.

5.8.9 In kết quả

Trang 1: Chi phí /đvsp,

Trang 2: Thời gian hoàn vốn, Suất nội hoàn IRR, Dòng tiền (cash flow) và đồ thị.

Hình 5.3. Máy sấy nui 500 kg /mẻ 6 giờ và bộ thu nhiệt năng lượng mặt trời 44 kW (P.H.Hiền và ctv 2009)

CHI PHÍ SỬ DỤNG MÁY / THIẾT BỊ

Password = sdm

[Ghi chú: Vào số liệu ở các ô màu xanh lá cây 27-07-2010

2015

NHẬP SỐ LIỆU máy = Máy sấy nui macaroni NLMT

Động lực (ĐL)	VN đồng	*Máy công tác (MCT)*	VN đồng
Giá mua		Giá mua	30 000 000
Số NĂM sử dụng	10	Số NĂM sử dụng	5
Số NGÀY sử dụng mỗi năm :	240	Số NGÀY sử dụng mỗi năm :	340
Số GIỜ sử dụng mỗi ngày :	5	Số GIỜ sử dụng mỗi ngày :	6
KIỂM: Đời khấu hao máy, GIỜ	12 000	Đời khấu hao máy, GIỜ	10 200
		Số giờ sử dụng mỗi năm	**2 040**
		Năng suất	***55.00***
		đơn vị tính (ha /h ; tấn /h; …)	**kg /h**

Nhà xưởng	
Giá đầu tư xây dựng, đ	30 000 000
Số NĂM sử dụng	5
Mặt bằng bao che, m2	40
Giá thuê đất mỗi năm, đ / m2	10000

Sửa chữa bảo trì (giả sử tổng chi sửa chữa suốt đời máy = X% giá mua máy)

Ví dụ: X% Máy kéo = 120 ; Cày lưỡi = 150; Máy gieo = 90; Máy GĐLH = 50 (xem Sheet SuDung)

X% động lực = 100 X% máy công tác = 40

Lãi suất Ngân hàng (lãi đơn, ví dụ 0,5% /tháng = 6% /năm), **% / năm** 12.00

Nhiên liệu ĐL		*Nhiên liệu MCT*	
Tiêu thụ nhiên liệu 1	1.5	Tiêu thụ nhiên liệu 2	1
đơn vị tính (Lít /ha ; kWh /ha)	kd	đơn vị tính (Lít /ha ; kWh /ha)	kd
hay (Lít / giờ) ; … / g	kWh /h	hay (Lít / giờ) ; … / g	kg /h
(2 ô vàng trên: Đánh kd vào ô không dùng, chữ thường. Đánh đơn vị năng lượng vào ô còn lại)			
Đơn giá nhiên liệu , VN đồng	1 200	Đơn giá nhiên liệu , VN đồng	5 000
(/đơn vị tính)	kWh	(/đơn vị tính)	kg
KIỂM: Nhiên liệu: đơn vị / giờ	1.5	KIỂM: Nhiên liệu: đơn vị / giờ	1

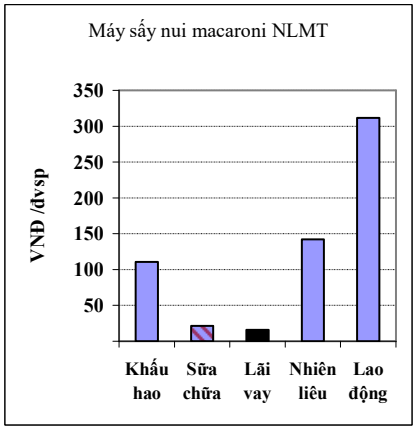
Lao động

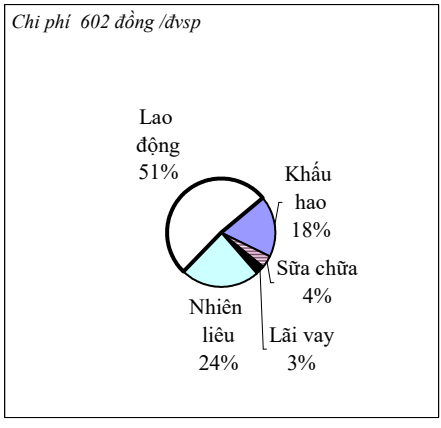
Chính, lương ngày 8h)	80 000	Công nhân phụ, lương ngày 8 h	40 000
Số Lao động chính	1	Số công nhân phụ	1

========== KẾT QUẢ TÍNH CHI PHÍ ==========

THÀNH PHẦN CHI PHÍ	đồng /giờ
Khấu hao:	6 078
Sữa chữa	1 176
Lãi vay:	882
Nhiên liêu	7 820
Lao động	17 143
Tổng, đ /giờ :	**33 100**

THÀNH PHẦN CHI PHÍ	đồng / *kg*
Khấu hao	111
Sữa chữa	21
Lãi vay	16
Nhiên liêu	142
Lao động	312
Tổng, đ / đơn vị năng suất	**602**





Hình 5.4. Chi phí sấy nui

Tính thời gian hoàn vốn, năm

Máy sấy nui (macaroni) NLMT

Tổng đầu tư, TRIỆU đồng **60.000**

Lãi mỗi đvsp, đồng **400** Tính riêng , xem xét tất cả (nguyên vật liệu..

Lãi mỗi năm, TRIỆU đồng 44.880

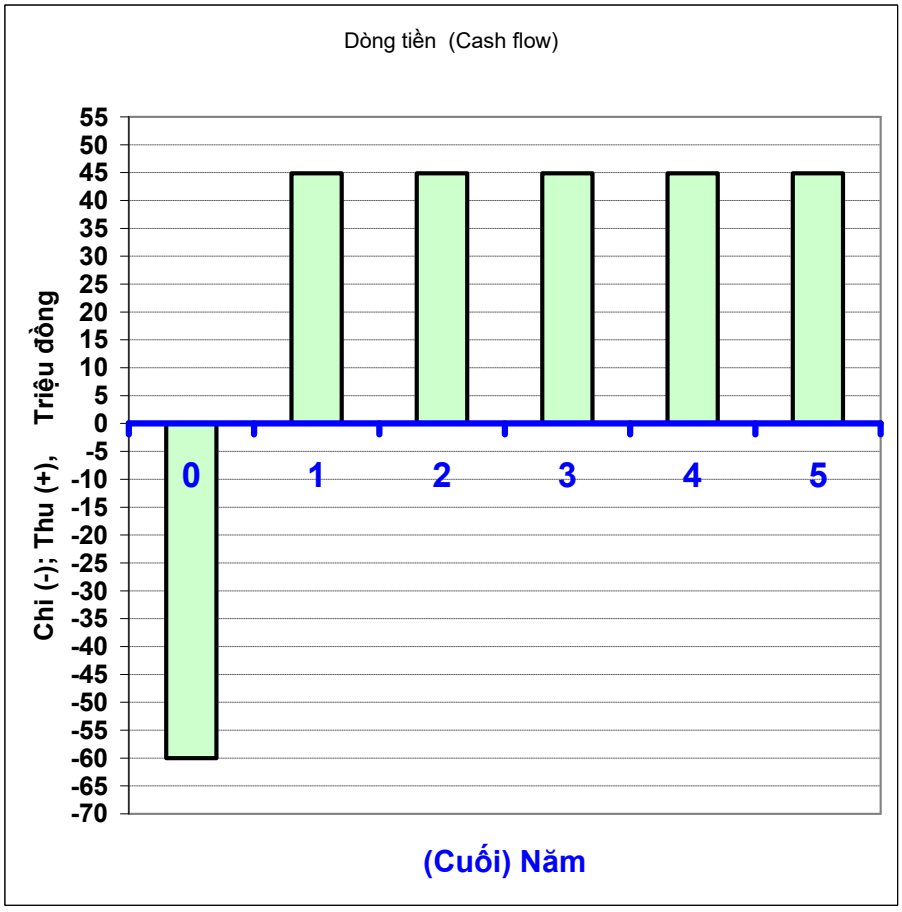
Thời gian hoàn vốn, năm: 1.3

SUẤT NỘI HOÀN IRR , %

Kết quả tính 69%

Dòng Tiền (Cash Flow)

(Cuối) Năm	*Tiền, Tr.đồng*
0	**-60.00**
1	44.88
2	44.88
3	44.88
4	44.88
5	44.88



Hình 5.5. Thời gian hoàn vốn, suất nội hoàn, và dòng tiền

CHI PHÍ SỬ DỤNG MÁY / THIẾT BỊ

Password = sdm

[Ghi chú: Vào số liệu ở các ô màu xanh lá cây 27-07-2010

NHẬP SỐ LIỆU máy = "Máy" NƯỚC NÓNG NLMT

Động lực (ĐL)	**VN đồng**	***Máy công tác (MCT)***	**VN đồng**
Giá mua		Giá mua	9 000 000
Số NĂM sử dụng	5	Số NĂM sử dụng	10
Số NGÀY sử dụng mỗi năm :	75	Số NGÀY sử dụng mỗi năm :	365
Số GIỜ sử dụng mỗi ngày :	8	Số GIỜ sử dụng mỗi ngày :	1
KIỂM: Đời khấu hao máy, GIỜ	3 000	Đời khấu hao máy, GIỜ	3 650
Nhà xưởng		**Số giờ sử dụng mỗi năm**	**365**
Giá đầu tư xây dựng, đ		**Năng suất**	***0.20***
Số NĂM sử dụng	5	**đơn vị tính** (ha /h ; tấn /h; …)	**m3 /h**
Mặt bằng bao che, m2			
Giá thuê đất mỗi năm, đ / m2	10000		

Sửa chữa bảo trì (giả sử tổng chi sửa chữa suốt đời máy = X% giá mua máy)

Ví dụ: X% Máy kéo = 120 ; Cày lưỡi = 150; Máy gieo = 90; Máy GĐLH = 50 (xem Sheet SuDung)

X% động lực = 100 X% máy công tác = 20

Lãi suất Ngân hàng (lãi đơn, ví dụ 0,5% /tháng = 6% /năm), **% / năi** 12.00

Nhiên liệu ĐL		***Nhiên liệu MCT***	
Tiêu thụ nhiên liệu 1	0	Tiêu thụ nhiên liệu 2	0
đơn vị tính (Lít /ha ; kWh /ha)	kd	đơn vị tính (Lít /ha ; kWh /ha)	kd
hay (Lít / giờ) ; … / g	kWh /h	hay (Lít / giờ) ; … / g	kg /h
(2 ô vàng trên: Đánh kd vào ô không dùng, chữ thường. Đánh đơn vị năng lượng vào ô còn lại)			
Đơn giá nhiên liệu , VN đồng	1 200	Đơn giá nhiên liệu , VN đồng	5 000
(/đơn vị tính)	kWh	(/đơn vị tính)	kg
KIỂM: Nhiên liệu: đơn vị / giờ	0	KIỂM: Nhiên liệu: đơn vị / giờ	0

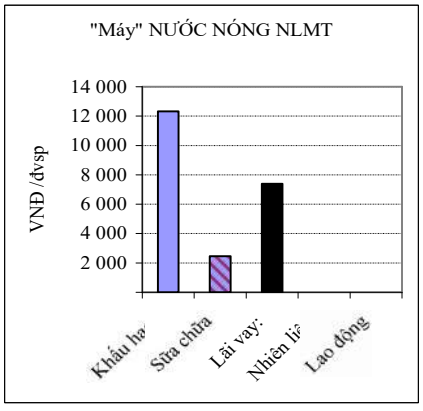
Lao động

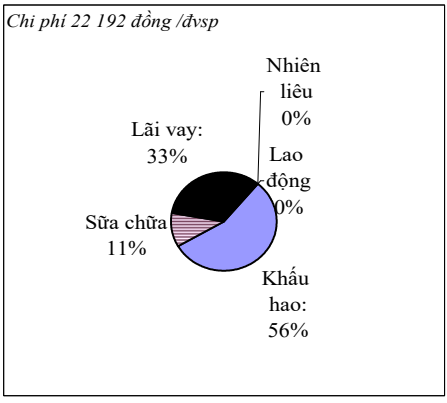
Chính, lương ngày 8h)	80 000	Công nhân phụ , lương ngày 8h	40 000
Số Lao động chính		Số công nhân phụ	

========== KẾT QUẢ TÍNH CHI PHÍ ==========

THÀNH PHẦN CHI PHÍ	đồng /giờ
Khấu hao:	2 466
Sữa chữa	493
Lãi vay:	1 479
Nhiên liêu	
Lao động	
Tổng, đ /giờ :	**4 438**

THÀNH PHẦN CHI PHÍ	**đồng / *m3***
Khấu hao:	12 329
Sữa chữa	2 466
Lãi vay:	7 397
Nhiên liêu	
Lao động	
Tổng, đ / đơn vị năng suất	**22 192**





Hình 5.6. Chi phí đun nước nóng NLMT

08 trang PHỤ BẢN:

(Photo: P.H.Hiền)

Điện gió giữa cánh đồng nông nghiệp ở Đức,
phục vụ nông nghiệp và công nghiệp địa phương.

(Photo: P.H.Hiền)

Đất hơi dốc ở châu Ấu, ví dụ ở Goettingen (ảnh) hay Frankfurt (Đức) vẫn trồng trọt xanh tươi, vì lượng mưa nhẹ 2- 10 mm/ngày và phân bố khá đều trong 12 tháng.

(Photo: P.H.Hiền)

Ngược lại, đất dốc ở Tây Nguyên và miền Đông Nam bộ, bị xói mòn với lượng mưa lớn 15- 60 mm /ngày, là yếu tố dẫn đến năng suất cây trồng thấp. Chỉ với độ dốc 1% đất trông có vẻ bằng phẳng, thực chất dễ bị xói mòn do mưa.

(Photo: P.H.Hiền)

Sau một đêm mưa lớn , hom mía (và phân bón) trôi hết vào chỗ trũng. Năng suất cây trồng khó được nâng cao, vì đất càng ngày càng bớt phì nhiêu do xói mòn, năng lượng xăng dầu làm đất, năng lượng trong phân bón bị lãng phí.

(Photo: P.H.Hiền)

Ruộng nhỏ ở Miền Trung, cỡ 0,05- 0,15 ha với nhiều hình dạng khác nhau, cơ giới hóa không thuận tiện, sử dụng năng lượng xăng dầu kém hiệu quả

(Photo: P.H.Hiền)

Ruộng sản xuất lúa lai tại huyện Lâm Hà, được cải tạo từ các thửa khoảng 0,1 ha; sau khi san phẳng, thửa ruộng cỡ 0,5- 1,0 ha thuận tiện cho sử dụng máy móc.

(Photo: P.H.Hiền)

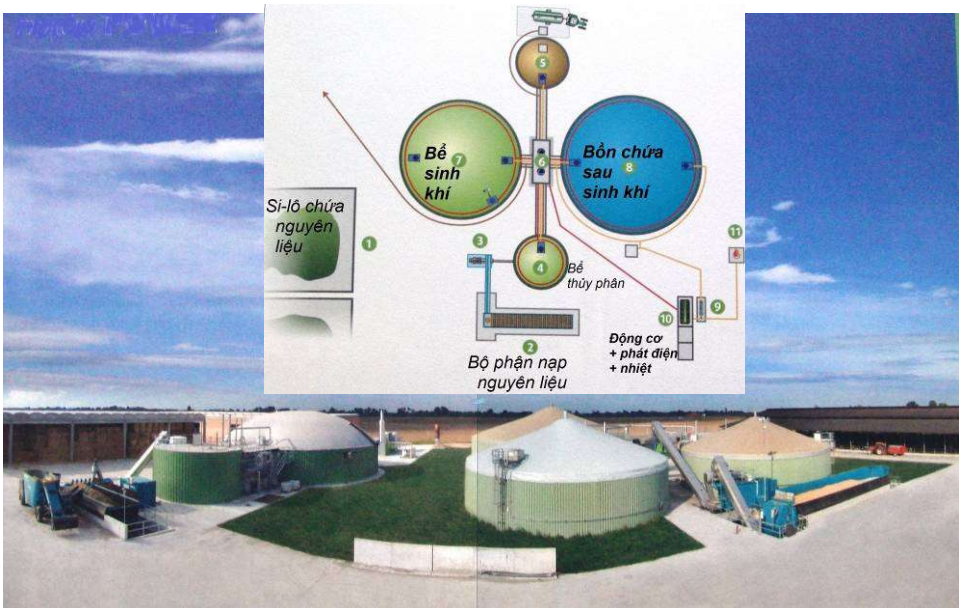
Bốn máy san laser ở Vĩnh Hưng, Long An, 2012. San laser giải quyết vấn đề thửa ruộng manh mún ở đất lúa và vấn đề xói mòn do mưa ở đất cho cây trồng cạn.

(Photo: T.V.Khanh)

Trung tâm Năng lượng- Máy nông nghiệp (Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM) chuyển giao kỹ thuật san phẳng laser tại Easup, Đắk-Lắk, 2012.

(Photo: T.V.Khanh)

Máy sấy SRA-14 cà phê quả (14 tấn/mẻ) ở Di Linh, Lâm Đồng, 2013; lò đốt vỏ cà phê 120- 150 kg/h hoặc trấu, củi trấu.. Năng lượng sinh khối phục vụ chế biến trong nông nghiệp và công nghiệp thực phẩm



(Photo: BTS 2014)

Nhà máy biogas phát điện 1 MW và nhiệt ở Đức. Đầu VÀO: 50 tấn phân và 15 tấn sinh khối /ngày. Đầu RA: 11 500 m3 ga /ngày. Sinh khối phát điện cỡ lớn thông qua biogas là bước phát triển "nhảy vọt"trong 10 năm vừa qua.

(Photo: BTS 2014)

Điện gió cỡ 1,5 MW/tua-bin ở Tuy Phong, Bình Thuận. Cần chính sách hỗ trợ điện gió để phục vụ nông nghiệp, cho đồng cỏ và đàn bò sinh trưởng tốt hơn.

(Photo: REVN 2009)

(Photo: P.H.Hiền)

Chuyên chở cánh tua-bin 1500 kW, dài 77 m,
đến địa điểm lắp đặt ở Tuy Phong, Bình Thuận

Tốc độ gió (m/s)	Công suất (W/m^2)
<5,5	<200
5,5 - 6,0	200 - 250
6,0 - 6,5	250 - 320
6,5 - 7,0	320 - 400
7,0 - 7,5	400 - 500
7,5 - 8,0	500 - 600
8,0 - 8,5	600 - 720
8,5 - 9,0	720 - 850
9,0 - 9,5	850 - 1000
>9,5	>1000

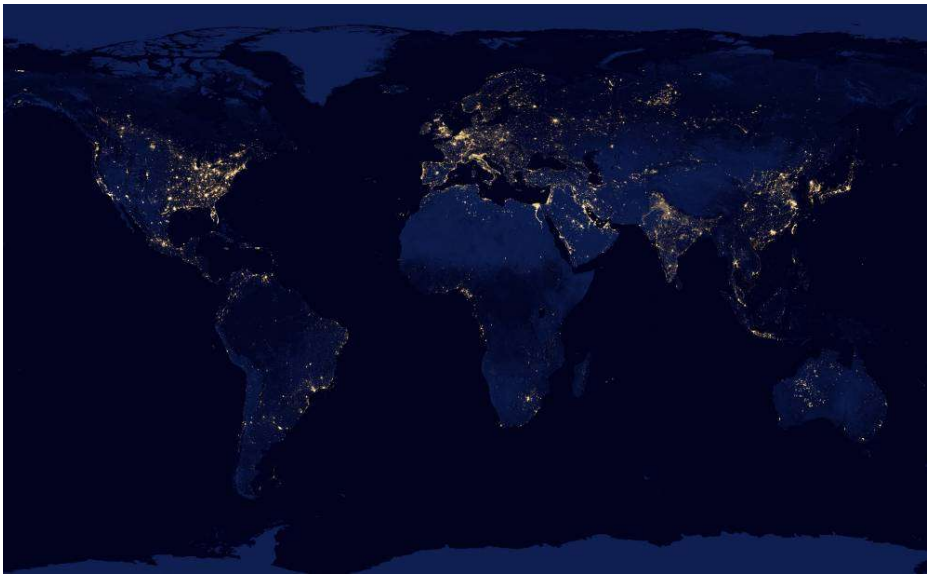
Gió trung bình hàng năm
ở độ cao 65 m

Tốc độ gió (m/s)
<4,0
4,0 - 4,5
4,5 - 5,0
5,0 - 5,5
5,5 - 6,0
6,0 - 6,5
6,5 - 7,0
7,0 - 7,5
7,5 - 8,0
>8,0

Gió trung bình hàng năm
ở độ cao 30 m

(Photo : phỏng :theo TrueWind Solutions, LLC. 2001)

Gió trung bình hàng năm ở độ cao 65 m và 30 m



(Photo: NASA 2012)

Mức độ chiếu sáng ban đêm trên thế giới, với vài tỷ người thiếu điện thắp sáng

(Photo: P.H.Hiền 2015

Điện mặt trời nối lưới ở Đức: Ảnh chụp cụm dân cư tại một trị trấn nhỏ ở bang Bayern thấy khoảng 20 hộ có pa-nen mặt trời.). Năng lượng mặt trời, gió, và sinh khối hiện chiếm hơn 20% trong cơ cấu năng lượng của Đức, trong lúc năng lượng hạt nhân hiện chỉ chiếm 16% và đang tiếp tục giảm.

6 Năng lượng không tái tạo

6.1 DẪN NHẬP 106
6.1.1 Năng lượng không tái tạo 106
6.1.2 Đơn vị đo và cách tính năng lượng 106

6.2 DẦU KHÍ VÀ THAN ĐÁ TRÊN THẾ GIỚI 108
6.2.1 Dầu khí 108
6.2.2 Than đá trên thế giới 113

6.3 DẦU KHÍ VÀ THAN ĐÁ Ở VIỆT NAM 113
6.3.1 Dầu khí ở Việt Nam 114
6.3.2 Than đá ở Việt Nam 116

6.4 SẢN XUẤT ĐIỆN 118
6.4.1 Thế giới 118
6.4.2 Sản xuất và tiêu thụ điện ở Việt Nam 119

6.5 NĂNG LƯỢNG HẠT NHÂN 120
6.5.1 Thế giới 120
6.5.2 Việt Nam: Năng lượng hạt nhân 121

6.6 THỦY ĐIỆN 122

6.7 NĂNG LƯỢNG KHÔNG TÁI TẠO CHO NÔNG NGHIỆP VIỆT NAM 123

6.8 VẤN ĐỀ TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG KHÔNG TÁI TẠO .. 124
6.8.1 Trong công nghiệp và thương mại 124
6.8.2 Tiết kiệm năng lượng trong nông nghiệp 125

6.9 CHÍNH SÁCH CHO NĂNG LƯỢNG KHÔNG TÁI TẠO VÀ NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO 125

6.10 TÀI LIỆU THAM KHẢO 127

6.1 DẪN NHẬP

Chương này giới thiệu chung về việc khai thác và sử dụng năng lượng không tái tạo trên thế giới và ở Việt Nam, cơ cấu các loại năng lượng không tái tạo ở Việt Nam; và các biện pháp tiết kiệm năng lượng này. Nông nghiệp cũng không nằm ngoài tầm ảnh hưởng của dầu và than. Nội dung lĩnh vực này rất rộng, người đọc có thể tìm hiểu thêm qua các tạp chí như "*PetroVietnam Review*", "*Tạp chí dầu khí Việt Nam*" hoặc qua Internet: www.eia.doe.gov; www.iea.org; http://nangluongvietnam.vn/ ; www.petrotimes.vn/news/vn/bao-nang-luong-moi v.v. Vì vậy, ở đây chỉ đưa ra các dữ liệu khái quát, để từ đó nhận ra được vấn đề của thế kỷ 21 là phát triển nguồn đối nghịch, tức là năng lượng tái tạo.

6.1.1 Năng lượng không tái tạo

Năng lượng không tái tạo (*non-renewable energy*) gồm năng lượng từ ***dầu khí***, ***than đá***, và ***hạt nhân***. Những nguyên liệu này cần cả triệu năm mới hình thành, dùng là hết nên tên gọi như thế. Câu hỏi đầu tiên là *đến khi nào thì cạn kiệt?* Các dự báo trả lời khác nhau với mỗi loại, và khác nhau theo các cơ quan (Hình 6.1), nhưng nói chung là không quá 100 năm tính từ đầu thế kỷ 21 này.

6.1.2 Đơn vị đo và cách tính năng lượng

6.1.2.1 Thùng dầu (*oil barrel*)

Công nghiệp dầu khí bắt đầu ở Mỹ, nên thương mại phát triển cũng lấy đơn vị đo của nước này để sử dụng.

Thùng dầu (*oil barrel* viết tắt **bbl)** = 42 US gallons = 158,987 Lít **≈159 Lít**.

Trong sản xuất và tiêu thụ dầu, dùng *thùng dầu mỗi ngày* (*barrel per day*, viết tắt BPD hoặc BOPD). Nhân với 365 ngày, thành sản lượng *thùng dầu mỗi năm.*

Âu Châu dùng đơn vị **tấn** dầu (**tonne** =1000 kg). Lưu ý: Tài liệu Mỹ dùng ton = short ton = 2200 lb = 907,184 kg. Cũng dịch chung là *tấn*, với sai số (thấp hơn) 9,28% ≈10% so với tấn_1000 kg. Với tấn dầu, qui ước theo hệ S.I, tấn 1000 kg.

Qui đổi từ thể tích sang khối lượng tùy thuộc loại dầu, áp suất và nhiệt độ, nên người ta thống nhất qui ước:

1 tấn = 7,33 bbl ; và 1 bbl ≈ 136,4 kg dầu thô

1 BPD = 1 thùng dầu /ngày = 49,8 tấn /năm **≈ 50 tấn /năm** (sai số 0,4%).
Qui đổi 1 thùng thô dầu giá 100 USD, thành 1 tấn dầu thô giá 733 USD.

6.1.2.2 Cách tính tổng năng lượng theo Tấn dầu tương đương (TOE, tonne of oil equivalent)

Tổng năng lượng gồm tổng số các nguồn: Dầu, Than đá, Thủy điện, Hạt nhân, và Năng lượng tái tạo; đơn vị tính là TOE.

TOE là nhiệt lượng sinh ra khi đốt 1 tấn dầu thô.

Do có nhiều loại dầu thô khác nhau, nên người ta qui ước.

1 kg dầu thô, nhiệt trị 10000 kcal = 41 868 kJ = 41,868 MJ ***≈ 42 MJ***

1 TOE = 41,868 GJ ≈ 42 GJ (sai số 0,3%)

1 TOE ≈ 7,33 barrel (dầu thô)

1 MTOE (million tonnes of oil equivalent) = 1 triệu tấn dầu = 42 PJ

(**M** = mega = 10^6; **G** = giga = 10^9; **T** = tera = 10^{12}; **P** = peta = 10^{15})

Tất cả nhiên liệu khác được qui đổi ra TOE trên cơ sở nhiệt trị các nhiên liệu đó. Cụ thể:

- Than đá:
  1 kg than đá có nhiệt trị 7000 kcal **= *29,3 MJ*** ⇒ 1 tấn than = 0,7 TOE.
- Khí đốt thiên nhiên (natural gas):
  1 m^3 khí đốt có nhiệt trị 9320 kcal **= *39,0 MJ***.
- Điện: ***1 TOE*** = 11630 kWh ***≈12 000 kWh ≈0,012 GWh*** (sai số 3%);
  1 GWh = 1 triệu kWh ;
  1 TWh = 1 tỷ kWh = 1000 GWh, với qui ước: billion = tỷ = 10^9.
- Thủy điện: 1 kWh do thủy điện sinh ra tương đương với 4,24 MJ
  (vì 1 kWh = 3,6 MJ; với hiệu suất giả định = 0,85,
  vậy 3,6 MJ / 0,85 =4,24 MJ).

Tóm tắt: 1 triệu tấn dầu (1 MTOE) ≈ 42 *10^{15} J ≈ 42 PJ

≈ 1,5 triệu tấn than đá ≈ 3 triệu tấn than bùn lignite

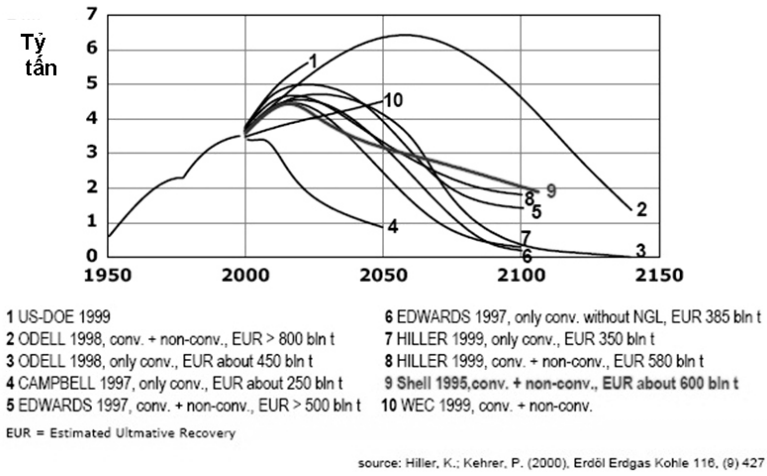
≈ 1,11 tỷ m^3 khí đốt thiên nhiên (natural gas)

≈ 12 000 GWh điện.

6.2 DẦU KHÍ VÀ THAN ĐÁ TRÊN THẾ GIỚI

6.2.1 Dầu khí

Khai thác dầu khí bắt đầu khoảng 1870, đến những năm đầu 1960 đã đạt 6 tỷ thùng/năm (1 tỷ tấn/năm), tăng đến khoảng 2,5- 3,5 tỷ tấn/năm trong thời gian 1973- 2000; sản lượng khai thác dầu thô năm 2008 là 84,2 triệu thùng/ngày ≈ 4,5 tỷ tấn/năm. Đến 1990 đã khai thác lũy kế 94 tỷ tấn. Trước năm 2000, người ta ước lượng *trữ lượng khai thác* [#6,2] (*reserve*) 1000 tỷ bbl (≈150 tỷ tấn), và *nguồn tài nguyên* (*resource*) 1500– 3000 tỷ bbl (≈220- 440 tỷ tấn), nên dự báo theo nhiều ước lượng khác nhau chỉ khai thác được thêm 50- 100 năm (Hình 6.1). Nhưng từ 2005, với công nghệ khai thác ngày càng được cải tiến, đặc biệt là khai thác dầu từ vỉa đá phiến (shale), *trữ lượng khai thác* đã được ước lượng tăng dần, đến năm 2013, ước lượng này là 16 tỷ bbl (≈240 tỷ tấn). Như vậy, dự báo khai thác lạc quan hơn ở Hình 6.1, nghĩa là khai thác được thêm 100- 150 năm nữa.



Hình 6.1. Các dự báo (trước 2000) về sản xuất dầu mỏ, theo các tác giả khác nhau (Matthes 2011, trích dẫn Kehrer 2000)

Khí (gas) phần lớn đồng hành với dầu nên thời gian khai thác cũng gần như với dầu.

[#6,2] **Nguồn tài nguyên** (*resource*): số ước lượng có trong trái đất, có thể sau này được khai thác hết. **Trữ lượng khai thác** (*reserve*): số ước lượng có thể khai thác với công nghệ vào thời điểm xem xét.

Khoảng 50 quốc gia tham gia tổng số khai thác trên, nghĩa là khoảng hơn 4 tỷ tấn/năm. Việt Nam đứng thứ 35 /50. Ba quốc gia hàng đầu (Nga, Saudi Arabia, và Mỹ) mỗi nước khai thác 12% tổng số trên. Bảng 6.1 phân bố sản xuất dầu khí theo vùng địa lý.

Bảng 6.2 và 6.3 xếp thứ tự các 10 quốc gia nhập khẩu và 10 quốc gia xuất khẩu dầu thô hàng đầu trên thế giới.

Bảng 6.1. Dầu hỏa thế giới

	Trữ lượng	Sản xuất	Tiêu thụ
Bắc Mỹ	6%	18%	30%
(Mỹ)	*(4)*	*(10)*	*(26)*
Trung Đông	65	30	-
(Iraq)	*(11)*	*(3)*	-
Châu Phi	7	10	3
Châu Á	4	11	28

Bảng 6.2: Xếp hạng 10 quốc gia **nhập khẩu** dầu thô hàng đầu trên thế giới. (Đơn vị: Triệu thùng /ngày). Nguồn: Index Mundi 2012

1	Mỹ	9,21	
2	Trung Quốc	4,81	
3	Nhật	3,41	
4	Ấn Độ	3,06	
5	HànQuốc	2,36	
6	Đức	1,87	
7	Ý	1,57	
8	Pháp	1,28	
9	Tây Ban Nha	1,05	
10	Hà Lan	1,02	

Giá cả dầu khí thay đổi hàng năm, hàng tháng, hàng tuần, hàng ngày (Hình 6.2), như thế thay đổi liên tục suốt thế kỷ (Hình 6.3). Có thể tra cứu hàng ngày; ví dụ ngày 22-4-2012, giá 104 USD/bbl.

Bảng 6.3. Xếp hạng 10 quốc gia **xuất khẩu** dầu thô hàng đầu trên thế giới. (đơn vị: Triệu thùng /ngày). Nguồn: Index Mundi 2012.

1	Saudi Arabia	6,27	
2	Nga	5,43	
3	Iran	2,30	
4	Nigeria	2,05	
5	U.A.E	2,04	
6	Iraq	1,88	
7	Na Uy	1,76	
8	Angola	1,76	
9	Venezuela	1,69	
10	Kuwait	1,37	
27	Việt Nam	0,27	

Các mốc thời gian đáng nhớ về thay đổi giá dầu (Hình 6.3):

(1974): Giá tăng vọt gấp 5 lần.

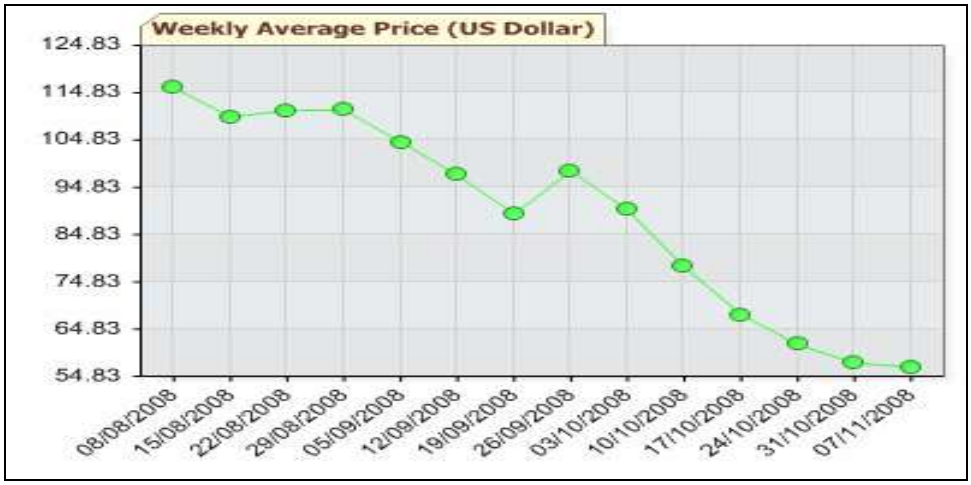
(1981): Giá đạt đỉnh.

(1995- 1999): Giá thấp.

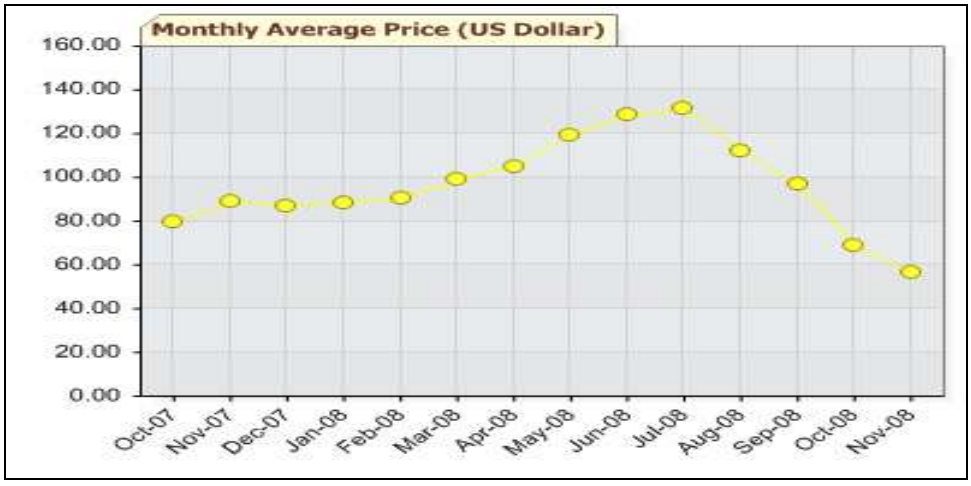
(2005- 2007): Giá lại lên liên tục.

(2008): Giá tăng giảm khó dự đoán !

Năm 2014, giá dầu đột ngột giảm, có lúc dưới 50 USD/bbl; mà trước đó ít ai ngờ tới. Có lẽ phải một thời gian nữa để các chuyên gia đồng thuận về lý giải hiện tượng này, xem xét tất cả các yếu tố kỹ thuật, kinh tế, và chính trị.



(a): Thay đổi giá dầu: Hàng tuần, th.8- 11 / 2008 (đơn vị: USD /thùng)

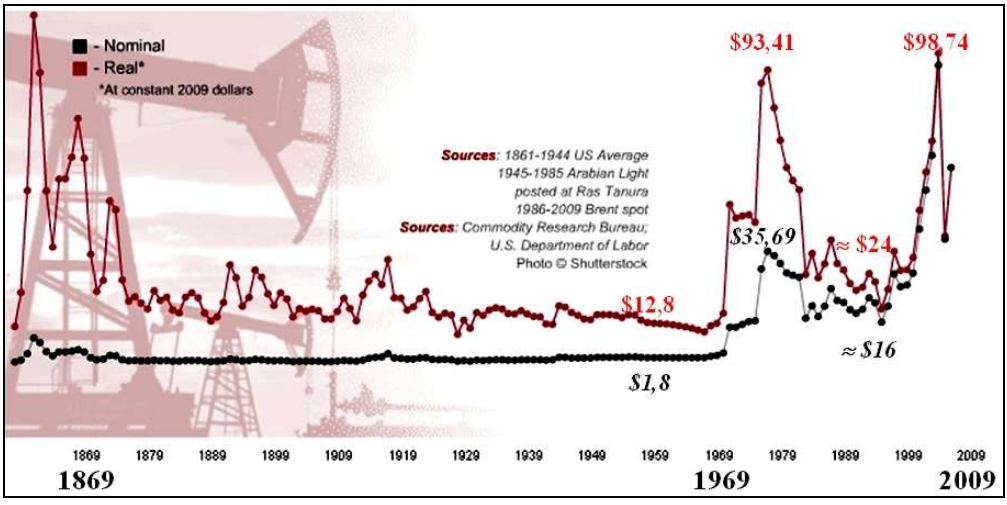


(b): Thay đổi giá dầu: Hàng tháng, từ th.10 /2007 đến th.10 /2008

Hình 6.2. Diễn biến giá dầu trên thế giới, theo tuần, tháng, năm
[Dấu chấm (.) đặt sau số đơn vị và trước số lẻ thập phân]

(c): Thay đổi giá dầu: Hàng năm, 1995- 2008

Hình 6.2 (tiếp). Diễn biến giá dầu trên thế giới, theo tuần, tháng, năm.

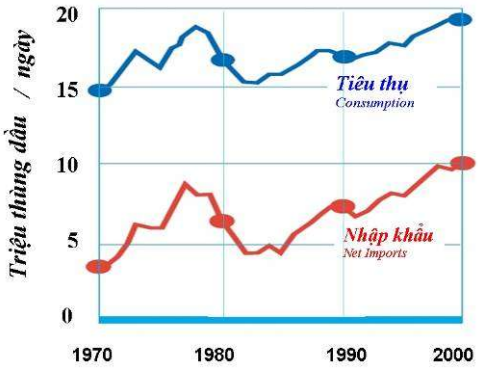


Hình 6.3. Diễn biến giá dầu thế giới (USD / thùng) qua hàng thập kỷ (1869- 2009)
(Giá: In *nghiêng* = *USD vào thời điểm ghi*; In **thẳng** = qui về giá USD năm 2009)
(Nguồn: Maidment 2009)

Mỹ vẫn là nước sử dụng nhiều dầu nhất thế giới (tính theo đầu người 25- 30 thùng/năm), trong đó tỷ lệ từ nhập khẩu (Hình 6.4) tăng từ 25% năm 1970 lên 50% năm 2000.

Nói chung:

- Giá cả năng lượng ngày càng tăng (so với các tài nguyên khác).
- Tương lai gần, vẫn phụ thuộc vào dầu hỏa.
- Tương lai không xa, dầu hỏa cạn kiệt là điều khá rõ ràng, và năng lượng tái tạo là nguồn thay thế nối tiếp.



Hình 6.4. Tiêu thụ và nhập khẩu dầu của Mỹ 1970-2000 (Nguồn: NEPDG, 2001)

6.2.2 Than đá trên thế giới

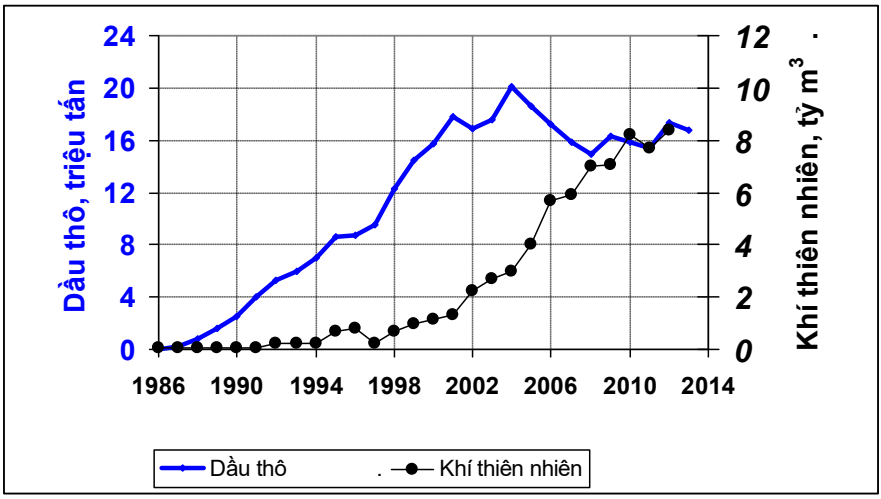
Từ tiếng Anh "*coal*" chỉ sản phẩm phân hủy của thực vật qua hàng ngàn năm, và bao gồm: than bùn (*peat*), than bùn lignite (*lignite*), than đá (*bituminous coal*), và than đá an-tra-xit (*anthracite*). Tiếng Việt dùng từ than bùn cho 2 loại đầu, và than đá cho 2 loại sau.

Than đá trên thế giới được khai thác từ năm 1830, đạt mức 1 tỷ tấn vào năm 1900, đạt 3,5- 5 tỷ tấn/năm trong khoảng 1980- 2000. Đến 1990 đã khai thác lũy kế 200 tỷ tấn, so với dự trữ khai thác (*reserve*) 600– 1200 tỷ tấn, và tài nguyên (*resource)* 6000– 12000 tỷ tấn. Gần 70% dự trữ khai thác nằm ở ba nước Mỹ, Nga, và Trung Quốc. Số liệu cập nhật (BP 2015) từ 2015, dự trữ khai thác các loại than anththacite, bituminous và lignite là 892 tỷ tấn; từ 2003-2013, Trung Quốc sản xuất và tiêu thụ ≈ 50% than đá của thế giới.

Ước lượng theo mức tăng trưởng khai thác, và theo mức khai thác tối đa, than đá có thể khai thác được thêm khoảng 100 năm nữa.

6.3 DẦU KHÍ VÀ THAN ĐÁ Ở VIỆT NAM

Hiện nay, nói đến năng lượng thương mại ở Việt Nam là chủ yếu nói về dầu khí và than đá, cộng với thủy điện; còn năng lượng tái tạo coi như không đáng kể. Sản xuất các nguồn năng lượng không tái tạo (dầu khí và than) và sản xuất điện trong 20 năm qua được ghi ở Hình 6.5. Có thể thấy tất cả đều tăng nhiều, từ 3 đến 6 lần.



Hình 6.5. Sản xuất dầu khí ở Việt Nam1986-2012.
(Tổng hợp): VPI–Trung tâm Nghiên cứu và Quản lý Dầu khí 2008; Công nghệ Dầu khí Việt Nam 2011; U.S. Energy Information Administration 2014.

6.3.1 Dầu khí ở Việt Nam

6.3.1.1 Khai thác

Trữ lượng dầu thô khai thác (*reserve*) ước lượng năm 2013 Việt Nam khoảng 600 triệu tấn (4 tỷ bbl). Con số này có thể tăng trong tương lai, vì nhiều nguồn ngoài khơi chưa được thăm dò hết.

Đã đưa vào khai thác các mỏ (*basin*): Đại Hùng, Bạch Hổ, Rồng, Ruby, Rạng Đông, Bunga Kekwa, Cửu Long v.v. Mỏ Bạch Hổ là liên doanh đầu tiên với Nga. Mỏ Rạng Đông lớn thứ hai là liên doanh với Nhật. Đến cuối 2011, đã đã khai thác 253 triệu tấn dầu và 72 tỷ m^3 khí (Ngô T. San và ctv 2012). Thế mạnh của dầu thô Việt Nam (ví dụ Mỏ Bạch Hổ) là hàm lượng lưu huỳnh S thấp, 0,04– 0,09% (gọi là "dầu ngọt", đối nghịch với "dầu chua" có lượng S cao).

6.3.1.2 Xuất khẩu dầu thô

Sản lượng khai thác dầu thô Việt Nam đến 2010 (Hình 6.5) cũng chính là sản lượng xuất khẩu, vì chưa có công nghiệp lọc dầu. Xuất khẩu tấn dầu thô đầu tiên vào năm 1986, tấn thứ 100 triệu vào giữa 2001.

Đến 2001 sau hơn 10 năm xuất khẩu, tổng lợi nhuận xuất khẩu dầu là 15,2 tỷ USD, chia ra: Việt Nam được 12,3 tỷ và nước ngoài 2,9 tỷ đồng. Năm 2008, xuất khẩu dầu chiếm 22% tổng giá trị xuất khẩu của Việt Nam.

6.3.1.3 Nhập khẩu dầu (Việt Nam)

Xuất khẩu nhiều, nhưng nhập khẩu dầu và sản phẩm liên quan cũng nhiều.

Ví dụ năm 1997, xuất khẩu dầu thô 1419 triệu USD;
nhập khẩu dầu tinh 1094 tr.USD + phân bón 425 tr.USD = 1519 tr.USD

Năm 2005, xuất khẩu dầu thô 18 triệu tấn; nhập khẩu dầu tinh 11,5 triệu tấn.

Năm 2010, xuất gần 8 triệu tấn dầu thô trị giá gần 5 tỷ USD, và gần 2 triệu tấn xăng dầu các loại, trị giá 1,35 tỷ USD; nhập khẩu 9,5 triệu tấn xăng dầu các loại, trị giá 6 tỷ USD (nhập khẩu bằng 95% xuất khẩu).

6.3.1.4 Khí đồng hành

Từ 1995, khí từ mỏ Bạch Hổ không còn bị đốt bỏ. Đường ống dẫn 110 km dẫn khí về Nhà máy LPG Dinh Cố (Vũng Tàu), từ đó được cung cấp cho Nhà máy điện Phú Mỹ (Bà-Rịa).

Năm 2001, khởi công xây dựng ống dẫn khí đốt từ Mỏ Nam Côn Sơn, dài 400 km về Phú Mỹ, trong đó có 360 km ngoài biển. Mỗi năm cung cấp 2,7 tỷ m^3 cho nhà máy điện Phú Mỹ với công suất 710 MW. Vốn đầu tư nhà máy này 560 triệu USD, với PetroVietnam 51%; còn lại của BP Anh và Na Uy. Từ 2004, nhà máy Đạm Phú Mỹ đã sử dụng khí để sản xuất phân bón.

Năm 2012, Khu liên hợp Khi Điện Đạm Cà Mau (cách TP Cà Mau 11 km) cũng sử dụng hết khí đồng hành từ các mỏ phía Tây Nam.

So với 1986, sản lượng khí tăng gấp 20 lần vào năm 1996, và gấp 200 lần vào năm 2010 (Hình 6.5).

Tóm tắt, khí đồng hành được sử dụng cho sản xuất điện, phân bón, và plastics. Ứng dụng cho giao thông (xe chạy ga) chỉ ở mức thử nghiệm bước đầu. Sử dụng hoàn toàn trong nước, không xuất khẩu, đây là một thành tựu rất đáng trân trọng.

6.3.1.5 Công nghiệp hóa dầu Việt Nam

a) ***Nhà máy lọc dầu Dung Quất***, được khởi công xây dựng cuối năm 2005, đầu tư khoảng 3 tỷ USD, công suất dự kiến 6,5 triệu tấn /năm. Do thay đổi nhà thầu, đến tháng 2- 2009, nhà máy mới bắt đầu hoạt động, sản xuất thử và khắc phục sự cố một số cụm thiết bị, nên tháng 1-2011 mới chính thức khánh thành.

Nhà máy hoạt động 100% công suất tương ứng với các sản phẩm chính (Bảng 6.5) và một ít sản phẩm khác như propylene, xăng máy bay Jet-A1.

Bảng 6.5. Sản phẩm của nhà máy lọc dầu Dung Quất (đơn vị: tấn /ngày):

LPG (khí hóa lỏng)	Xăng A90	Xăng A92/95	Dầu diesel	dầu F.O
1 000	5 100	2 700	9 000	1 100

b) **Sản xuất phân bón**.

Nhà máy ***Đạm Phú Mỹ*** được khởi công xây dựng vào năm 2001, vận hành vào năm 2004, sản lượng mỗi năm khoảng 0,8 triệu tấn phân bón, đã hoạt động liên tục, an toàn và ổn định cho đến nay. Khí được cung cấp từ các Mỏ Bạch Hổ và Nam Côn Sơn (PVFCCo 2012). Chi phí khí chiếm khoảng 70% giá thành sản xuất phân urea.

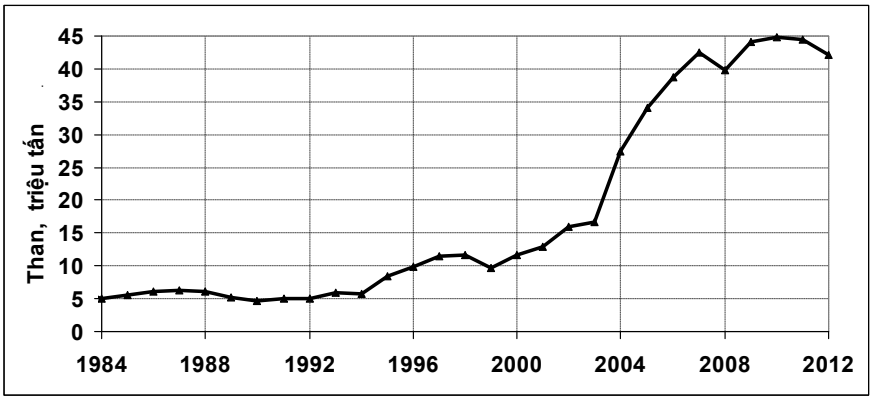
Nhà máy ***Đạm Cà Mau*** cũng với công suất thiết kế 0,8 triệu tấn phân đạm urea dạng viên mỗi năm, đã hoạt động từ năm 2012, đến nay đã hoạt động đúng công suất thiết kế. Nguyên liệu là khí thiên nhiên khai thác từ các mỏ thuộc khu vực khai thác chung Việt Nam và Malaysia như PM3, bể Mã Lai-Thổ Chu (Dương Đ.Hiếu 2014). Đường ống đi dưới biển dài khoảng 300 km dẫn khí đến Khu liên hợp Khi-Điện-Đạm Cà Mau (cách TP Cà Mau 11 km).

Như vậy, từ một nước nhập phân bón hóa học vào 15 năm trước, Việt Nam đã cơ bản tự túc được phân bón, đặc biệt là urea.

6.3.2 Than đá ở Việt Nam

Nguồn tài nguyên than ở Việt Nam có nhiều ước lượng khá chênh lệch, từ 3 đến 50 tỷ tấn. Con số mới nhất kèm theo Quyết định số 60/QĐ-TTg ngày 09 tháng 01 năm 2012 của Chính phủ là 48,7 tỷ tấn. Nhưng được coi là chắc chắn và tin cậy (trữ lượng khai khác, nghĩa là có thể xem xét khai thác có lãi với các công nghệ hiện nay) chỉ 2,8 tỷ tấn, trong đó hơn 70% ở vùng Quảng Ninh. Than đá vùng này có đến 95% là than anthracite, chất lượng loại hàng đầu thế giới.

Nguồn tài nguyên than khổng lồ (39 tỷ tấn) ở đồng bằng sông Hồng mới chỉ là ước lượng, đến nay ước tính trữ lượng khai khác chỉ 3% tài nguyên này.

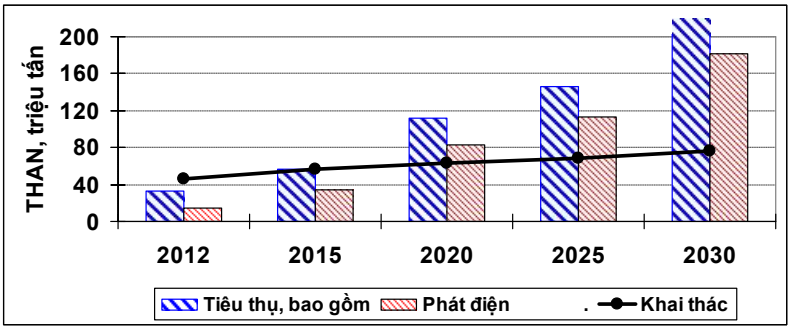


Hình 6.6. Sản xuất than đá ở Việt Nam1986-2012.

Tình hình sản xuất than ghi ở Hình 6.6. Có thể nhận thấy, giai đoạn 1986-1994 sản lượng than không thay đổi, khoảng 6 triệu tấn/ năm. So với giai đoạn này, thì giai đoạn 1997-2003 sản lượng tăng gấp 2 lần, và 2006-2012 tăng gấp 7 lần. Đáng chú ý là 2005-2010, ngoài phần tiêu thụ nội địa, Việt Nam đã xuất khẩu khoảng 50% số than khai thác. Ví dụ năm 2009, xuất khẩu khoảng 25 triệu tấn than, trong đó nhiều nhất (hơn 1/3) sang Trung Quốc.

Trong 10 năm gần đây, sản xuất và tiêu thụ than (nội địa và xuất khẩu) đều vượt khỏi ý đồ "không tiến nhanh tiến mạnh" khai thác tài nguyên này. Kết quả là *cầu vượt cung*, và ngay từ năm 2008 đã dự báo khoảng 2012-2015 phải nhập khẩu 34 triệu tấn than. Thực tế, năm 2013 đã nhập 1,9 triệu tấn, và 2014 đã nhập 2,8 tấn (từ Indonesia, Malaysia, Trung Quốc v.v). Thế nhưng 2010 vẫn xuất khẩu gần 20 triệu tấn than, và năm 2014 xuất gần 7 triệu tấn!. (Giai đoạn 2000- 2014 Việt Nam đã xuất khoảng 220 triệu tấn than).

Ước lượng và qui hoạch về sản xuất và sử dụng than (Hình 6.7) là bài toán nan giải về cung cấp. Việc nhập 20 triệu tấn than mỗi năm đã được các Công ty Than và Dầu khí bàn tính và thực hiện trong một vài năm sắp tới. Nhưng có khả thi chăng và bảo đảm được an ninh năng lượng với việc nhập 80- 150 triệu tấn than mỗi năm trong tình hình nguồn năng lượng không tái tạo này ngày càng lên giá?

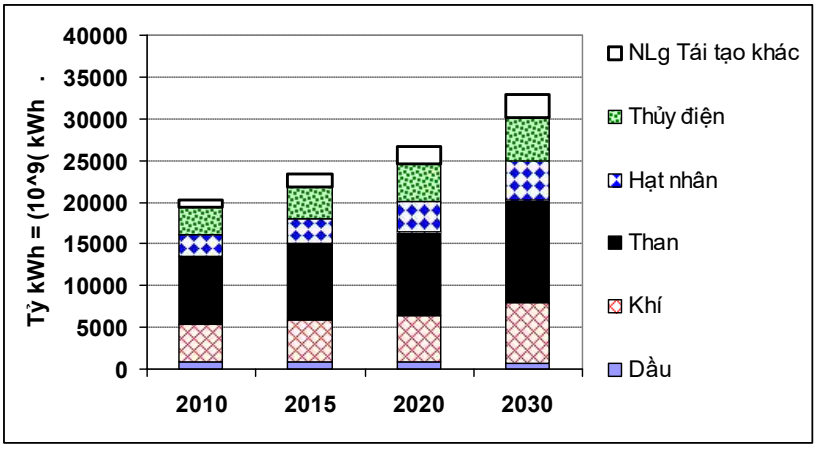


Hình 6.7. Dự báo về sản xuất và tiêu thụ than đá 2015- 2030 ở Việt Nam, 2012: số liệu thực tế. (Nguồn: Năng Lượng Việt Nam 2012)

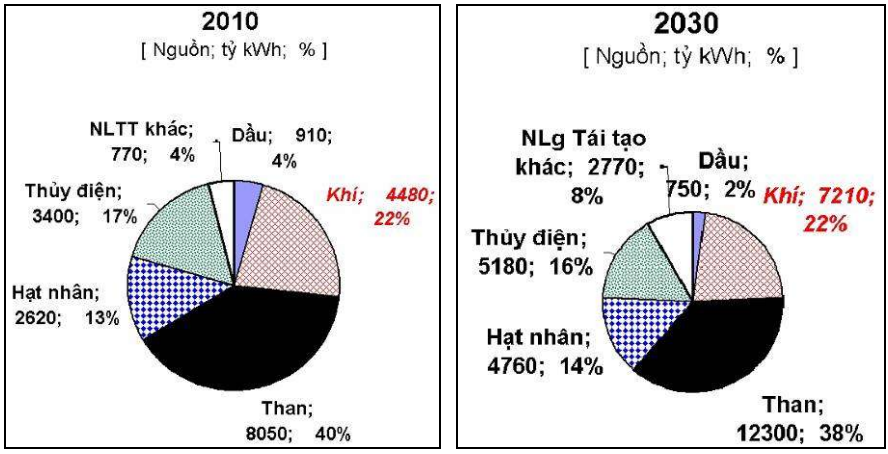
6.4 SẢN XUẤT ĐIỆN

6.4.1 Thế giới

Số liệu về sản xuất điện toàn thế giới năm 2010 và các dự đoán đến 2030 được thể hiện ở Hình 6.8 (US.EIA 2013), với 6 nguồn năng lượng là Dầu, Khí, Than, Hạt nhân, Thủy điện, và Năng lượng tái tạo khác. Hình 6.9 thể hiện sản lượng điện (tỷ kWh) và % góp phần của 6 nguồn năng lượng này, cho thực tế năm 2010, và dự đoán cho năm 2030. Có thể thấy tuy sản lượng điện dự đoán tăng gần gấp đôi trong 20 năm tới, nhưng tỷ lệ đóng góp của từng nguồn không thay đổi nhiều, dẫn đầu vẫn là than và khí. Lưu ý là tỷ lệ của năng lượng tái tạo (ngoài thủy điện) tăng gấp đôi, và sản lượng tuyệt đối (kWh) tăng gấp 4 lần.



Hình 6.8. Sản lượng điện thế giới: thực tế 2010, và dự đoán đến 2030



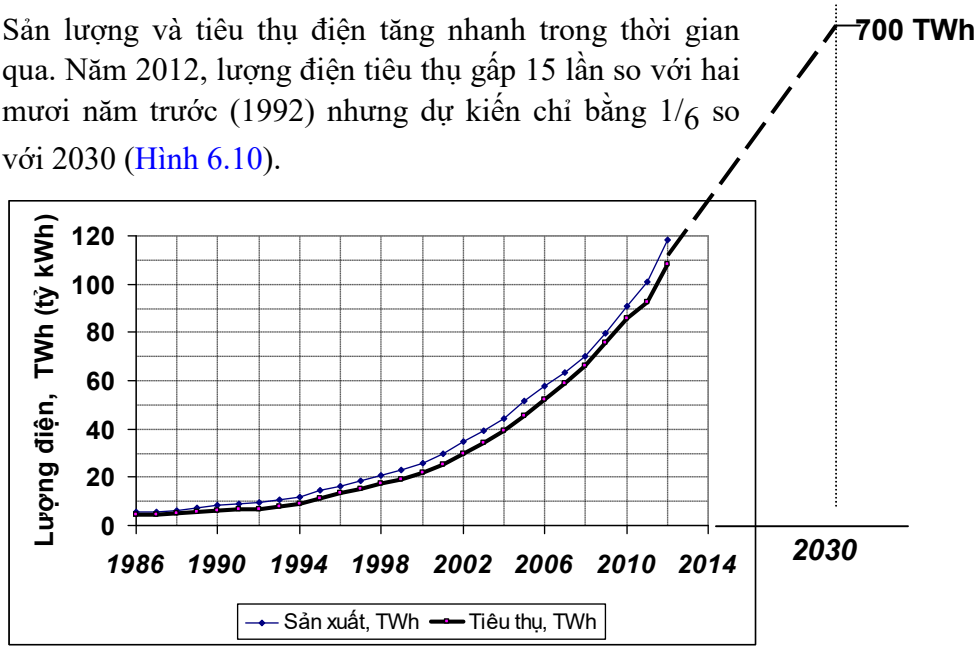
Hình 6.9. Tỷ lệ đóng góp của 6 nguồn năng lượng, thực tế 2010, và dự đoán 2030

Đầu tư thủy điện cho công suất 1 kW khoảng 1000- 1500 USD; than 900 USD; dầu F.O, dầu diesel, gas lần lượt là 430, 350, 500 USD.

Chi phí sản xuất mỗi kWh điện đắt nhất với nhiệt điện khí (3,7 US cent; cent = 0,01 USD), kế đến là dầu (2,2 cent), và thủy điện rẻ nhất (0,9 cent).

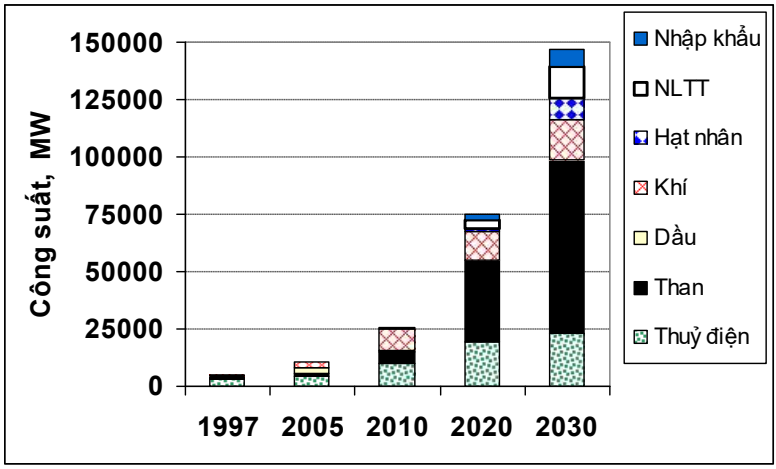
6.4.2 Sản xuất và tiêu thụ điện ở Việt Nam

Sản lượng và tiêu thụ điện tăng nhanh trong thời gian qua. Năm 2012, lượng điện tiêu thụ gấp 15 lần so với hai mươi năm trước (1992) nhưng dự kiến chỉ bằng $1/6$ so với 2030 (Hình 6.10).



Hình 6.10. Sản xuất và tiêu thụ điện đến 2012, và dự phóng 2030

Điện ở Việt Nam bao gồm nhiều nguồn. Năm 1997, tổng công suất chỉ 5000 MW, trong đó thủy điện chiếm 60% (≈3000 MW), còn lại gồm than, dầu, và khí. Năm 2010, tổng công suất tăng đến hơn 25 000 MW, thủy điện tăng đến 9 800 MW, nhưng chỉ chiếm 38% tổng số. Dự kiến đến 2020 và 2030, tổng công suất tăng gấp 3 và 6 lần so với 2010. Vấn đề là nguồn nhiệt điện than đá chiếm khoảng 50% tổng số, đang là ẩn số với nhiều tranh luận.



Hình 6.11. Cơ cấu các nguồn cung cấp điện đến 2010, và dự phóng 2020- 2030

Trong những năm gần đây và trong các sơ đồ kế hoạch đến 2050, cơ cấu điện còn bao gồm: điện hạt nhân, điện năng lượng tái tạo, và điện nhập khẩu, dự kiến lần lượt là 7; 9; và 5% tổng số (Hình 6.11).

Tiêu thụ điện ở Việt Nam

Tiêu thụ điện tăng nhanh trong 30 năm qua, và dự kiến sẽ tiếp tục tăng (Hình 6.10). Số tiêu thụ nhỏ hơn số sản xuất, do tổn thất do truyền tải điện khoảng 10% và bản thân các nhà máy điện sử dụng khoảng 3%.

6.5 NĂNG LƯỢNG HẠT NHÂN

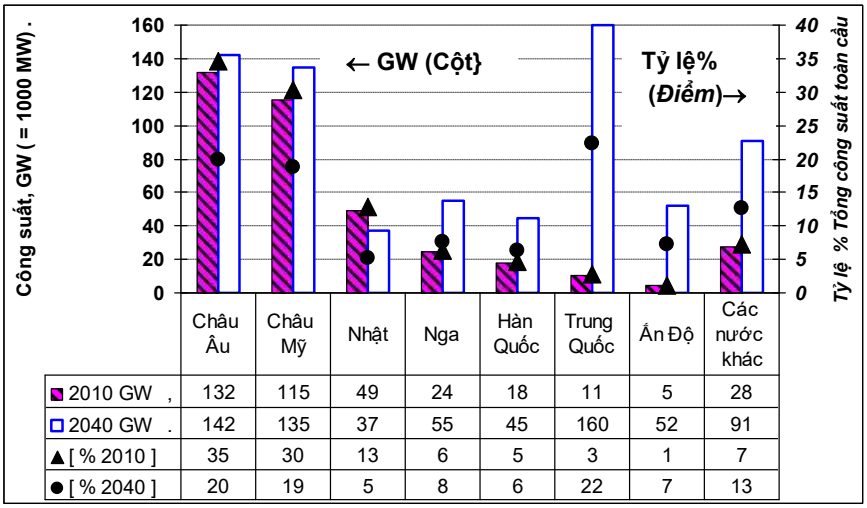
6.5.1 Thế giới

Nguyên liệu dùng phát điện hạt nhân là Uranium U235. Từ nhà máy điện hạt nhân đầu tiên năm 1957, đến 1995 trên thế giới đã lắp đặt 350 GW điện hạt nhân (Sukhatme 1996), đến 2010 là 381 GW (US EIA 2013).

Hình 6.12 biểu thị công suất điện hạt nhân thế giới năm 2010, và dự phóng đến năm 2040. So sánh hai cột về công suất, có thể thấy châu Âu và

châu Mỹ, tuy làm chủ các công nghệ tiên tiến về hạt nhân, nhưng lại kế hoạch không tăng công suất nhiều; Nhật Bản lại tính giảm 1/3. Nhưng các nước khác (Nga, Hàn Quốc, Ấn Độ, Trung Quốc) lại kế hoạch tăng từ 2 đến 10 lần. Đây là đề tài đáng chú ý xem xet.

Quan điểm sử dụng năng lượng hạt nhân khác biệt giữa các nước. Ví dụ: Pháp có đến 70% là năng lượng hạt nhân (đứng thứ nhì thế giới). Nhưng Đức chỉ khoảng 20% và từ lâu đã kìm chế không phát triển thêm, và sau sự cố Fukushima đã quyết định đóng tất cả các nhà hạt nhân vào 2022.



	Châu Âu	Châu Mỹ	Nhật	Nga	Hàn Quốc	Trung Quốc	Ấn Độ	Các nước khác
2010 GW ,	132	115	49	24	18	11	5	28
2040 GW .	142	135	37	55	45	160	52	91
▲[% 2010]	35	30	13	6	5	3	1	7
●[% 2040]	20	19	5	8	6	22	7	13

Hình 6.12. Phân bố năng lượng hạt nhân 2010, và dự phóng 2040

Cứ 1 MW mỗi năm cần 0,15– 0,2 tấn uranium. So với trữ lượng tài nguyên là 3,5– 6,5 triệu tấn, và trữ lượng khai thác được là 2,3 triệu tấn, thì ước lượng tài nguyên uranium cũng sẽ cạn kiệt sau khoảng 70 năm nữa.

6.5.2 Việt Nam: Năng lượng hạt nhân

Năm 2009, đã thông báo sẽ khởi công xây dựng nhà máy điện hạt nhân 2015 ở Ninh Thuận, mỗi nhà máy 4000 MW. Chưa thấy có điều chỉnh gì sau sự kiện Fukushima.

Ý kiến các *chuyên gia* Việt Nam về năng lượng hạt nhân cũng rất khác biệt (có thể vào www tìm những từ khóa như "Phạm Duy Hiển" "Nguyễn Khắc Nhẫn" "Vương Hữu Tấn") làm chúng ta phân vân, tương tự như sự khác biệt giữa hai "ông lớn" Pháp và Đức. Ý kiến cá nhân chỉ xét một khía cạnh: Nhà máy điện hạt nhân có thể giúp tăng cường năng lực khoa học nội địa không? Câu trả lời có vẻ tiêu cực, vì hầu như tất cả (thiết bị, công nghệ,

xây dựng, nhiên liệu) đều ngoài tầm tay!, và các nước ỷ mạnh không để chúng ta làm giàu uranium! Không lẽ cứ "mua và xài" ?

Vấn đề thứ hai cần xem xét là điện hạt nhân có thực sự rẻ không? Sau sự cố Fukushima, các biện pháp tăng tính an toàn sẽ làm tăng giá đầu tư lên nhiều. Còn nhiều vấn đề khác như an toàn, du lịch, năng lượng tái tạo thay thế, v.v.

6.6 THỦY ĐIỆN

Thủy điện là nguồn *năng lượng tái tạo*, nhưng với thủy điện "lớn", người ta thường xem xét chung với điện từ năng lượng không tái tạo như dầu khí, than đá (Còn thủy điện "nhỏ" lại gộp chung với gió và mặt trời!). Đến 1985, thế giới đã lắp đặt 550 000 MW (550 GW). Còn có thể lắp đặt thêm 2000 GW, phần lớn ở các nước đang phát triển.

Ở Việt Nam, năm 1997 có ≈3 GW thủy điện, chiếm 59% tổng công suất phát điện; năm 2008 tăng đến 4,7 GW, năm 2010 là 9,8 GW nhưng tỷ lệ đều giảm còn 38% do tổng công suất tăng nhiều; và tỷ lệ này còn tiếp tục giảm. Dự kiến 2020 dù xây dựng thêm, do phát triển nhiều nguồn khác, theo "Quy hoạch điện VII" thủy điện chỉ chiếm 23%, và 2030 là 12% (Tô Q. Trụ 2013).

Tuy là năng lượng tái tạo, nhưng thủy điện lớn cũng ảnh hưởng nhiều đến môi trường. Ví dụ tháng 5-2011 thủy điện An Khê-Kanak (Gia Lai) xả lũ làm thiệt hại nông nghiệp hàng trăm hộ dân; trước đó tích nước gây hạn hán ở hạ lưu. Thủy điện Sông Tranh 2 là vấn đề thời sự từ 2012. Năm 2013 và 2014 càng thêm nhiều sự cố vì thủy điện xả lũ khi vùng hạ lưu đang bị lụt.

Cần nghiên cứu khảo sát chi tiết về cân đối giữa cái lợi được thêm điện và cái hại nông nghiệp phải chịu.

6.7 NĂNG LƯỢNG KHÔNG TÁI TẠO CHO NÔNG NGHIỆP VIỆT NAM

Dầu khí và than đá đóng góp rất khiêm tốn cho nông nghiệp (Bảng 6.6, chỉ tính năng lượng thương mại bao gồm dầu khí, than, và thủy điện).

Bảng 6.6. Tỷ lệ sử dụng năng lượng (không tái tạo) của các ngành kinh tế

	2005, (%)	2009, (%)
Nông nghiệp	**1,3**	**0,9**
Công nghiệp	45,8	50,6
Dịch vụ (Thương mại, kh.sạn, nhà hàng...)	4,9	4,6
Quản lý /tiêu dủng dân cư	43,9	40,1
Khác	4,1	3,7

Nguồn: GIZ 2012, trích dẫn "Quy hoạch điện VII"

Một tài liệu khác (Phạm Duy Hiển 2010): Công nghiệp và xây dựng 51%; Quản lý và tiêu dùng dân cư 40%; Thương nghiệp, khách sạn, nhà hàng 5%; *Nông lâm nghiệp và thủy sản **1%***; Các hoạt động khác 3%.

Năng lượng không tái tạo cho các hoạt động cho nông nghiệp bao gồm:

- Dầu chạy máy ngoài đồng (máy kéo, gặt đập liên hợp), bơm nước, các máy móc khác như động cơ cho máy sấy, v.v.
- Than đá để sấy nhãn, vải, thóc, ngô v.v (chủ yếu ở phía Bắc).
- Điện từ dầu và than: để chạy máy bơm nước, máy xay xát, máy rửa chuồng trại v.v (cũng khó thống kê tách bạch, vì điện cũng có do thủy điện góp phần, không phải chỉ từ dầu và than).

Lưu ý các con số trên chỉ ghi phần trực tiếp của dầu và than, *không* để ý đến các phần "gián tiếp" nghĩa là *ẩn trong phân bón, thuốc sâu* v.v mà việc sản xuất cũng chủ yếu từ dầu mỏ. Phần gián tiếp này cao hơn phần trực tiếp (Chương 2).

Tác động tăng giá xăng dầu gấp đôi từ 2001 đến 2005; và cũng tăng gấp đôi từ 2007 đến 2011 ảnh hưởng đến nông nghiệp. Ví dụ ở Đồng bằng Sông Cửu Long, qui theo giá lúa:

- Làm đất (cày…) tăng cũng hơn gấp đôi; rồi lại gấp đôi trong 2 khoảng thời gian trên.
- Các khâu khác (đập lúa, sấy) tăng chỉ khoảng 50%.
- Phân bón (từ gốc dầu hỏa) cũng tăng gấp đôi hoặc hơn.

6.8 VẤN ĐỀ TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG KHÔNG TÁI TẠO

6.8.1 Trong công nghiệp và thương mại
(kể cả công nghiệp chế biến nông sản phẩm)

Từ 2007 đã dự báo khoảng 2015- 2020, Việt Nam trở thành nước nhập khẩu năng lượng. thực tế đã nhập than từ 2013. Vì vậy, tiết kiệm năng lượng trở thành vấn đề hàng đầu từ khoảng 10 năm qua. Do hiện tại ở Việt Nam hơn 98% là năng lượng không tái tạo (chỉ tính năng lượng thương mại), tiết kiệm năng lượng, nghĩa là tiết kiệm năng lượng ***không tái tạo*** (dầu, than, điện). Các vấn đề (ADSEWPC 2009) bao gồm:

- Tiết kiệm điện trong dẫn truyền.
- Tiết kiệm năng lượng, nhất là điện, trong sử dụng, và sử dụng hiệu quả năng lượng.
- Thay thế bằng năng lượng tái tạo, ví dụ: đun nước nóng bằng năng lượng mặt trời, lò gạch đốt trấu thay vì than đá.

Tiết kiệm điện được đặt ra dưới hai góc độ. 1/ Tiết kiệm điện từ tiêu dùng (hộ dân, thương nghiệp); và 2/ Tiết kiệm điện trong sản xuất.

Thực sự sản xuất công nghiệp chiếm hơn một nửa tiêu thụ điện ở Việt Nam, nên các biện pháp tiết kiệm có ảnh hưởng rõ hơn. Không sử dụng công nghệ lạc hậu trong sản xuất cũng giảm chi phí năng lượng trên đơn vị sản phẩm. Xuất khẩu sản phẩm có chi phí năng lượng cao đồng nghĩa với gián tiếp bán tài nguyên từ lòng đất. Ví dụ xuất 1 tấn thép, cần năng lượng chế biến là 500 kWh, nếu điện từ đốt than cần khoảng 1/4 tấn than, coi như đã xuất khẩu chừng đó than.

Nội dung tiết kiệm năng lượng là vấn đề thời sự, trong Sinh hoạt, Công nghiệp và Giao thông vận tải. Bắt đầu bằng kiểm toán năng lượng (*energy audit*) xem hiện trạng năng lượng được sử dụng như thế nào, từ đó lên kế hoạch tiết kiệm hoặc nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng. Chương này chỉ liệt kê các nội dung chủ yếu, không đi sâu vào chi tiết.

Các lĩnh vực tiết kiệm năng lượng trong sinh hoạt và công nghiệp bao gồm:

- Chiếu sáng,
- Nồi hơi và hệ thống hơi,
- Máy nén khí,
- Cấp đông,

- Thông gió và điều hòa không khí,
- Máy văn phòng và sinh hoạt,
- Cách nhiệt.

Các biện pháp trong lĩnh vực giao thông vận tải bao gồm:

- Chọn phương thức vận tải phù hợp với hàng hóa,
- Kế hoạch chọn lộ trình hợp lý,
- Điều khiển xe hợp lý, ví dụ bình thường không thắng gấp hoặc tăng tốc đột ngột,
- Chọn xe tiết kiệm nhiên liệu (Hình 6.11).
- Giảm kẹt xe (vấn đề lớn của nhiều đô thị nước ta !)

Hình 6.11. Xe tiết kiệm nhiên liệu (25 km /Lít)

6.8.2 Tiết kiệm năng lượng trong nông nghiệp

(Đã thảo luận ở Chương 2, năng lượng trong sản xuất nông nghiệp, và san phẳng laser).

6.9 CHÍNH SÁCH CHO NĂNG LƯỢNG KHÔNG TÁI TẠO VÀ NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO

Chính sách là phương thức nhằm đạt được các mục tiêu cho toàn xã hội. Nói đơn giản về chính sách là cấm hay không cấm, và khuyến khích hay không khuyến khích bằng biện pháp giá cả. Điểm lưu ý là luôn luôn có sự đánh đổi ("*trade-off*", cân nhắc lựa chọn, được cái này mất cái kia) giữa nhiều mục tiêu, nhiều chỉ tiêu.

Ví dụ: Kinh tế và Môi trường.
Phân bố lợi tức; cá nhân và tập thể.
Cuộc sống hiện tại và tương lai của con cháu.
Mức phụ thuộc vào nước ngoài.

Năng lượng là ngành kinh tế trọng yếu của nền kinh tế. Nên, nằm trong chính sách chung về phát triển kinh tế, chính sách năng lượng cũng nhằm mục đích quản lý các nguồn tài nguyên năng lượng trong nước, quản lý mức nhập khẩu hoặc xuất khẩu năng lượng, và tác động đến việc sử dụng năng lượng.

Các biện pháp thực hiện chính sách năng lượng bao gồm:

(a) Xác định chính xác hiện trạng, và dự báo theo định hướng chiến lược (biết hiện tại *có* gì, và *muốn* gì trong 5, 10, 20, 50 năm tới).

(b) Xác định và ban bố các việc cấm làm; lưu ý, cấm không phải là biện pháp chủ yếu.

(c) Khuyến khích / không khuyến khích bằng thuế hoặc trợ giá. Đây là biện pháp chủ lực, rất ảnh hưởng đến kết quả. Ví dụ về giá cả xăng và dầu diesel ở Đức, Philippines, và Việt Nam, theo tỷ giá tháng 11- 2004, ảnh hưởng đến số lượng các loại xe này (Bảng 6.1).

Bảng 6.1. Sai biệt giá xăng và dầu diesel.

	Năm	Xăng (đ/L)	Diesel (đ/L)	Sai biệt
Philippines	**2004**	8 700	7 000	20%
Đức	**2004**	24 000 [70 % là	20 200 thuế]	16%
Việt Nam	**2004**	7 500	4 800	36%
Việt Nam	***2007***	*11 300*	*8 600*	*24%*
	2010	*17 000*	*15 000*	*12%*
	2011	*20 900*	*20 500*	*2%*

(d) Trợ giá: Trợ giá cho một sản phẩm nào đó là để khuyến khích phát triển kỹ thuật sản xuất đó. Nhưng làm sao để không ỷ lại vào trợ giá? Cần nhất trí: *trợ giá là tạo điều kiện sao cho sẽ giảm dần trợ giá.* Ví dụ ở nước Đức. Trợ giá cho năng lượng gió; đến 2003 thành "cường quốc" về năng lượng gió với 12 500 MW, và 22 200 MW năm 2007. Trợ giá bằng "*Feed-in-tariff*", tức là đánh thuế rất ít năng lượng sản xuất từ gió, và toàn dân cùng chịu và đóng góp cho kỹ thuật mới.

(e) Xác định hướng phát triển khoa học-công nghệ, và phát triển nguồn *nhân lực* tương ứng, đặc biệt là nhân lực bản địa.

Việt Nam ứng phó với vấn đề sẽ thiếu và sẽ nhập khẩu năng lượng trong thời gian sắp tới, ngoài ý định cho năng lượng hạt nhân đóng góp khoảng 4% tổng sản lượng điện, không thể bỏ qua *nguồn năng lượng tái tạo* dồi dào (mặt trời, gió, sinh khối, v.v). Tất cả đều có tiềm năng rất lớn, đáp ứng được nhu cầu năng lượng điện của Việt Nam. Nhưng sẽ không dễ dàng, vì đòi hỏi kỹ thuật, vốn đầu tư, và nhất là quyết tâm thực hiện. Sơ đồ kế hoạch

điện (ban hành 2011) đến năm 2020 chỉ dành 4% cho năng lượng tái tạo là một dấu hiệu tụt hậu so với các nước trong khu vực.

Lẽ ra, các chính sách và biện pháp về năng lượng tái tạo phải được đặt ra và "gieo trồng" từ những năm 1990, cũng như nhiều nước trên thế giới, để sau 20 năm, bây giờ (2015) chúng ta đã có thể "hái quả". Thế nhưng bây giờ "phát hiện" mới nhất là chúng ta sẽ trở thành quốc gia nhập khẩu năng lượng và sẽ ngày càng phụ thuộc nhiều hơn vào năng lượng từ bên ngoài.

Bây giờ cũng là cơ hội lần 2 và lần cuối. Tuy "gieo trồng và chăm sóc" năng lượng tái tạo có trễ, nhưng nếu còn chần chừ, cứ chạy theo những mục tiêu ngắn hạn 5-10 năm, vẫn cứ theo kế hoạch đến 2030 năng lượng tái tạo sẽ đóng góp 9%, thì khoảng 30 năm sau (2045) Việt Nam sẽ bị "đại khủng hoảng năng lượng" không gượng dậy nổi. Cần vạch lộ trình cụ thể để đạt những con số 20%, 50% (trong thống kê về vật chất, 5% thường được coi là không có ý nghĩa, không đáng kể).

Dĩ nhiên phát triển công nghệ mới chập chững sẽ tốn kém, không kinh tế. Cũng như nuôi đứa trẻ mới sinh không lợi gì cả về kinh tế; nhưng nếu không nuôi thì làm sao 20 năm sau, nó trở thành người lao động có ích, đem lại lợi nhuận cho xã hội và cho chính nó?

Vậy "đứa trẻ năng lượng" sẽ chào đời ở đâu để nuôi dưỡng? Câu trả lời là ở trong NÔNG NGHIỆP, với người cha vĩ đại là MẶT TRỜI, các người mẹ là sinh khối, sinh vật, gió, dòng nước chảy. Lâu nay, chữ "năng lượng" hầu như đồng nghĩa với năng lượng không tái tạo của dầu khí và than đá, là năng lượng của công nghiệp. Nông nghiệp chỉ nhận được vài phần trăm của "miếng bánh" năng lượng, và không được các nhà "bách khoa toàn thư" thực sự cho sinh đẻ và nuôi dưỡng. Nhưng tình hình cho thấy sự thay đổi rõ ràng trong 30 năm tới, *nông nghiệp* không phải chỉ cung cấp thực phẩm, mà *sẽ còn là nguồn năng lượng nông công nghiệp*.

Các chương sau sẽ đề cập đến các lĩnh vực năng lượng tái tạo này.

6.10 TÀI LIỆU THAM KHẢO

ADSEWPC (Australian Department of Sustainability, Environment, Water, Population, and Communities). 2009. *Energy Audit Tools*. http://www.environment.gov.au/archive/settlements/challenge/

BP (British Petroleum). 2015. *Statitical review of world energy, June 2015*. < www.bp.com/statisticalreview >

Bùi Huy Phùng. 2013. *Phản biện, kiến nghị chiến lược phát triển năng lượng Việt Nam*; trong: Hiệp hội Năng lượng Việt Nam *Niên giám Năng lượng Việt Nam 2011-2012*. Nhà Xuất bản Lao động, Hà Nội.

Công ty CP chứng khoán Hà Thành. 2010. *Phân tích ngành than.* < www.hasc.com.vn >

Công ty CP chứng khoán Phú Gia. 2012. *Ngành điện Việt Nam*.

Dương Đức Hiếu. 2014. *Báo cáo Ngành Phân bón Công ty TNHH MTV Phân bón Dầu khí Cà Mau (Đạm Cà Mau)*. Cty Chứng khoán Bảo Việt

Fleming, D. 2007. *The Lean Guide to Nuclear Energy: A Life-Cycle in Trouble*. The Lean Economy Connection Publ., London

GIZ. 2012. *Lịch sử phát triển ngành điện tại Việt Nam*. GIZ Renewable Energy Project, Hà Nội.
< www.renewableenergy.org.vn/index.php?page=tong-quan-ve-nganh-dien-tai-viet-nam >

GSO (Tổng cục Thống kê Việt Nam). 2011. *Trị giá xuất, nhập khẩu phân theo nước và vùng lãnh thổ chủ yếu sơ bộ năm 2010.*
http://www.gso.gov.vn/default.aspx?tabid=629&ItemID=10906

Hiệp hội Năng lượng Việt Nam. 2013. *Niên giám Năng lượng Việt Nam 2011-2012*. Nhà Xuất bản Lao động, Hà Nội.

IEA (International Energy Agency). 2007. *Key world energy statistics*. < http://www.iea.org/Textbase/ >

Index Mundi. 2012. *Crude oil imports and exports by country*.
http://www.indexmundi.com/energy.aspx?product=oil&graph=exports&display=rank

Kammen D.M., Sergio Pacca. 2004. *Assessing the costs of electricity*. Annual Reviews Environmental. Resources. Vol.29, pp.301–344, 2004.

Kleinpeter M. 1995. *Energy planning and Policy*. Jonn Wiley &Son, Chichester, England.

Maidment P, T. Puell & S.Reifman. 2009. *Crude Oil Prices 1861 – 2008*.
<http://www.forbes.com/2008/05/13/oil-prices-1861-today-real-vs-nominal_flash2.html>

Matthes F.C. 2011. *Security of Supply - A challenge for Energy policy in Europe*. Öko-Institut e.V.

NEPDG, 2001. *Proceedings of the 2nd International Symposium on Ecological Sanitation*, 7- 11 April 2003, Lubeck, Germany.

Năng Lượng Việt Nam (Báo). 2012. *Hiện trạng và quy hoạch phát triển nguồn than*. < http://nangluongvietnam.vn/news/vn/than-khoang-san-viet-nam/hien-trang-va-quy-hoach-phat-trien-nguon-than.html >

Ngô Thường San, Trần L. Đông, Nguyễn H. Quý. 2012. *Tổng quan về dầu khí Việt Nam.* Hội Dầu khí Việt Nam
< http://www.lean6sigma.vn/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=44&Itemid=43 >.

Phạm Duy Hiển. 2010. *Ngành điện Việt Nam đi ngược chiều thế giới*. < http://www.cpc.vn/tintuc/Detail.aspx?sj=tn&mt=3679 >

PVFCCo (Tổng Công ty CP Phân bón và Hóa chất Dầu khí). 2012. *Báo cáo Thường niên 2011 (Đạm Phú Mỹ)*.

Stanhill G. 1984. *Energy and agriculture*. Springer-Verlag, Berlin.

Sukhatme S.P. 1996. *Solar energy: Principles of thermal collection and storage***.** Tata McGraw-Hill Publ., New-Dehli.

Tien Minh Do. 2011. *Analysis of future energy pathways for Vietnam*. Ph.D. dissertation, Sydney University of Technology

Tô Quốc Trụ. 2013. *Phản biện, kiến nghị giải pháp phát triển bền vững nguồn năng lượng tái tạo Việt Nam* . trong: Hiệp hội Năng lượng Việt Nam *Niên giám Năng lượng Việt Nam 2011-2012*. Nhà Xuất bản Lao động, Hà Nội.

USEIA (U.S. Energy Information Administration). 2014. *The International Energy Outlook 2013* (*IEO2013*).

USEIA (U.S. Energy Information Administration). 2013. *The International Energy Outlook 2012* (*IEO2012*).

Viện Năng lượng. 2008. *Chiến lược phát triển công nghệ điện lực của Tập đoàn Điện lực Việt Nam (đến năm 2015 định hướng đến 2025)*. Tập đoàn Điện lực Việt Nam, Hà Nội

(Trang trắng)

7 Năng lượng mặt trời (NLMT)

7.1 TẦM QUAN TRỌNG CỦA NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI 134

Phần I: BỨC XẠ MẶT TRỜI

7.2 QUỸ ĐẠO TRÁI ĐẤT QUANH MẶT TRỜI 135

7.3 VỊ TRÍ MẶT TRỜI ĐỐI VỚI TRÁI ĐẤT 137

7.3.1 Trái đất: Vĩ tuyến và kinh tuyến, vĩ độ và kinh độ 137
7.3.2 Góc lệch δ 138
7.3.3 Giờ mặt trời 138
7.3.4 Giờ đồng hồ 139
7.3.5 Quỹ đạo mặt trời nhìn từ trái đất 140
7.3.6 Góc cao độ α 141
7.3.7 Góc phương vị A_z 141
7.3.8 Góc mặt trời qui chiếu trên mặt phẳng nghiêng 143
7.3.9 Tỷ khối khí 144
7.3.10 Công thức tính các góc mặt trời 145
7.3.11 Áp dụng công thức các góc mặt trời 146

7.4 BỨC XẠ MẶT TRỜI 148

7.4.1 Hằng số mặt trời 149
7.4.2 Ước lượng bức xạ 149
7.4.3 Đo bức xạ mặt trời 150
7.4.4 Số liệu cần biết về bức xạ mặt trời 152

Phần II: ÁP DỤNG NHIỆT TỪ NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

7.5 PHÂN TÍCH BỘ THU NHIỆT 155

7.5.1 Tấm phẳng thu nhiệt 155
7.5.2 Ba thành phần của bức xạ mặt trời 155
7.5.3 Hệ số tích hợp hấp thu và truyền qua 156
7.5.4 Đơn giản công thức hệ số tích hợp hấp thu và truyền qua 156
7.5.5 Tính toán bộ thu nhiệt 157
7.5.6 Ví dụ bằng số: Bộ đun nước nóng 159

7.6 NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI ĐỂ ĐUN NƯỚC NÓNG 159

7.6.1 Các loại thiết bị NLMT đun nước nóng 160
7.6.2 Ước tính nhanh diện tích bộ thu nhiệt 162

7.7 NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI ĐUN NÓNG KHÔNG KHÍ.....162
7.7.1 Bộ thu nhiệt loại tấm phẳng.....162
7.7.2 Bộ thu nhiệt loại ống dài.....163
7.7.3 Bộ thu tích hợp với trữ nhiệt.....163
7.7.4 Bộ thu lưới lỗ thẳng đứng.....163
7.8 VÀI VÍ DỤ / VẤN ĐỀ SẤY BẰNG NLMT.....164
7.8.1 Các lò sấy (đối lưu tự nhiên).....164
7.8.2 Các máy sấy NLMT.....166
7.8.3 Máy sấy hầm Hohenheim.....167
7.8.4 Tóm tắt: Vấn đề sấy bằng năng lượng mặt trời.....168
7.8.5 Máy sấy NLMT từ Đại học Nông Lâm TP Hồ Chí Minh.....168
7.9 BỘ THU NHIỆT TẬP TRUNG.....170
7.9.1 Đặc điểm và ưu điểm.....170
7.9.2 Nhược điểm và vấn đề của bộ thu nhiệt tập trung.....170
7.9.3 Các định nghĩa.....171
7.9.4 Các loại bộ thu nhiệt tập trung.....171
7.9.5 Bộ thu nhiệt dạng parabol trụ.....173
7.9.6 Bộ phận định hướng theo mặt trời (*solar tracking*).....173
7.9.7 Hiệu suất bộ thu nhiệt dạng parabol trụ.....174
7.9.8 Hệ số tổn thất nhiệt chung U.....175
7.9.9 Ví dụ tính thiết bị thu nhiệt parabol trụ.....175
7.10 THÁP MẶT TRỜI CHO NHÀ MÁY PHÁT ĐIỆN.....176
7.10.1 Lịch sử nhà máy phát điện từ nhiệt mặt trời.....176
7.10.2 Nguyên lý Tháp mặt trời (*solar tower*).....176
7.10.3 Tháp mặt trời "PS 10 Project" ở Tây Ban Nha.....178
7.10.4 Tương lai tháp mặt trời.....178
7.11 NHIỆT TẬP TRUNG QUI MÔ NHỎ: BẾP MẶT TRỜI.....179
7.11.1 Bếp mặt trời loại chảo parabol.....179
7.11.2 Bếp mặt trời loại hộp.....180
7.11.3 So sánh bếp chảo và bếp hộp.....180
7.11.4 So sánh bếp năng lượng mặt trời với bếp củi.....180
7.12 TRỮ NHIỆT MẶT TRỜI.....181
7.12.1 Vấn đề và cách giải quyết.....181
7.12.2 Trữ nhờ nhiệt cảm.....181
7.12.3 Trữ nhờ nhiệt ẩn.....183
7.13 AO MẶT TRỜI (SOLAR POND).....183
7.14 CÁC ỨNG DỤNG NHIỆT NLMT KHÁC.....184

Phần III: QUANG ĐIỆN (ĐIỆN MẶT TRỜI)

7.15 DẪN NHẬP VỀ ĐIỆN MẶT TRỜI 185

7.16 NGUYÊN LÝ PIN MẶT TRỜI: HIỆU ỨNG QUANG ĐIỆN 187

7.16.1 Cấu tạo pin mặt trời 187

7.16.2 Tóm tắt cơ sở lý thuyết 188

7.16.3 Các loại pin mặt trời 190

7.16.4 Đường đặc tính V-A của giàn pin mặt trời 191

7.17 CÁC CHI TIẾT KHÁC CỦA GIÀN PIN MẶT TRỜI 194

7.17.1 Bình điện 194

7.17.2 Bộ phận điều khiển 196

7.17.3 Bộ biến đổi điện 197

7.18 ÁP DỤNG HỆ THỐNG QUANG ĐIỆN QUI MÔ NHỎ 197

7.18.1 Áp dụng cho khu dân cư 198

7.18.2 Thông tin liên lạc và giao thông vận tải 201

7.18.3 Các ứng dụng khác 202

7.18.4 Bài tính về điện mặt trời hộ gia đình 203

7.18.5 Chi phí điện mặt trời 204

7.18.6 Năng lượng mặt trời qui mô nhỏ ở Việt Nam 206

7.19 ĐIỆN MẶT TRỜI NỐI LƯỚI 207

7.19.1 Phát triển của điện mặt trời nối lưới ở một số nước 211

7.19.2 Phát triển của điện mặt trời nối lưới ở Việt Nam 215

7.20 TÀI LIỆU THAM KHẢO 216

7.1 TẦM QUAN TRỌNG CỦA NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

Theo nhiều ước lượng hiện nay, dầu hỏa chỉ 50 năm là cạn kiệt; "bi quan" hay "lạc quan" cũng trong vòng 30- 80 năm. Nước sử dụng dầu khí nhiều nhất là Mỹ, dùng 1/3 năng lượng dầu và than của thế giới, cũng bắt đầu "lo" tuy hiện tại vẫn dựa vào dầu mỏ Trung Đông.

Ngược lại, mặt trời còn tới 50 triệu năm, là nguồn "duy nhất" của phần lớn các nước đang phát triển. Mặt trời là năng lượng "cha đẻ" của tất cả các nguồn năng lượng khác trên trái đất như dầu khí, gió, thủy năng, sinh khối v.v.

Các nước Mỹ, Nhật, Pháp, Đức v.v, đổ kinh phí nghiên cứu tương đương hàng trăm triệu USD mỗi năm, chưa kể các kinh phí từ các công ty tư.

Các tạp chí *Solar Energy*, *Sun World*, *Geliotexnika* (Nga), và hơn 100 tạp chí khác mỗi năm đưa ra hàng trăm kết quả mới. Cũng Nhật, Đức, Mỹ, Anh là các nước xuất khẩu thiết bị mặt trời hàng đầu.

Chương này trình bày 3 phần chính:

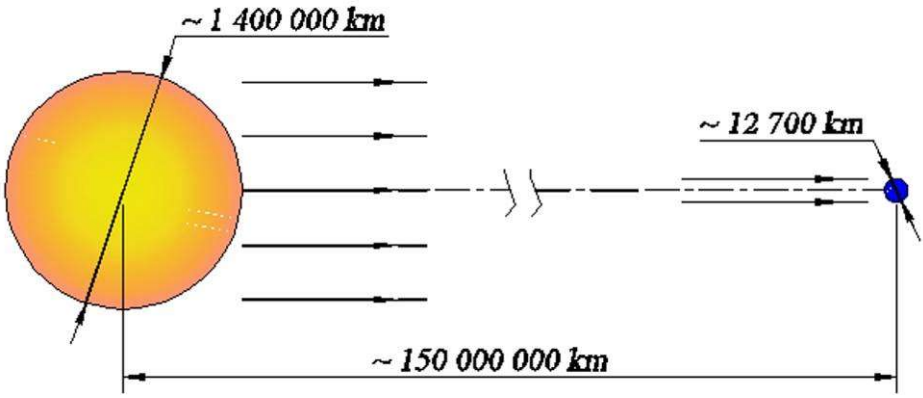
- Phần I: Bức xạ mặt trời.
- Phần II: Áp dụng nhiệt từ năng lượng mặt trời (Quang nhiệt).
- Phần III: Áp dụng quang điện: Pin mặt trời.

Phần I: BỨC XẠ MẶT TRỜI

Để sử dụng được năng lượng mặt trời, trước hết cần xác định vị trí của mặt trời thay đổi thế nào trong năm, và theo địa điểm cụ thể trên trái đất. Kế đến, cần hiểu tính chất và cường độ của bức xạ mặt trời, cách ước lượng và cách đo lường nguồn năng lượng này trên mặt đất.

7.2 QUỸ ĐẠO TRÁI ĐẤT QUANH MẶT TRỜI

Mặt trời rất lớn và rất xa so với trái đất, nên các tia mặt trời (*sun rays*) đến trái đất coi như song song nhau (Hình 7.1).



Hình 7.1. Vị trí và kích thước mặt trời so với trái đất

Trái đất quay quanh mặt trời, quay một vòng trong 365 ngày ¼. Quỹ đạo này gọi là "*Hoàng đạo*". Đồng thời trái đất tự quay quanh trục Bắc cực - Nam cực, một vòng trong 24 giờ.

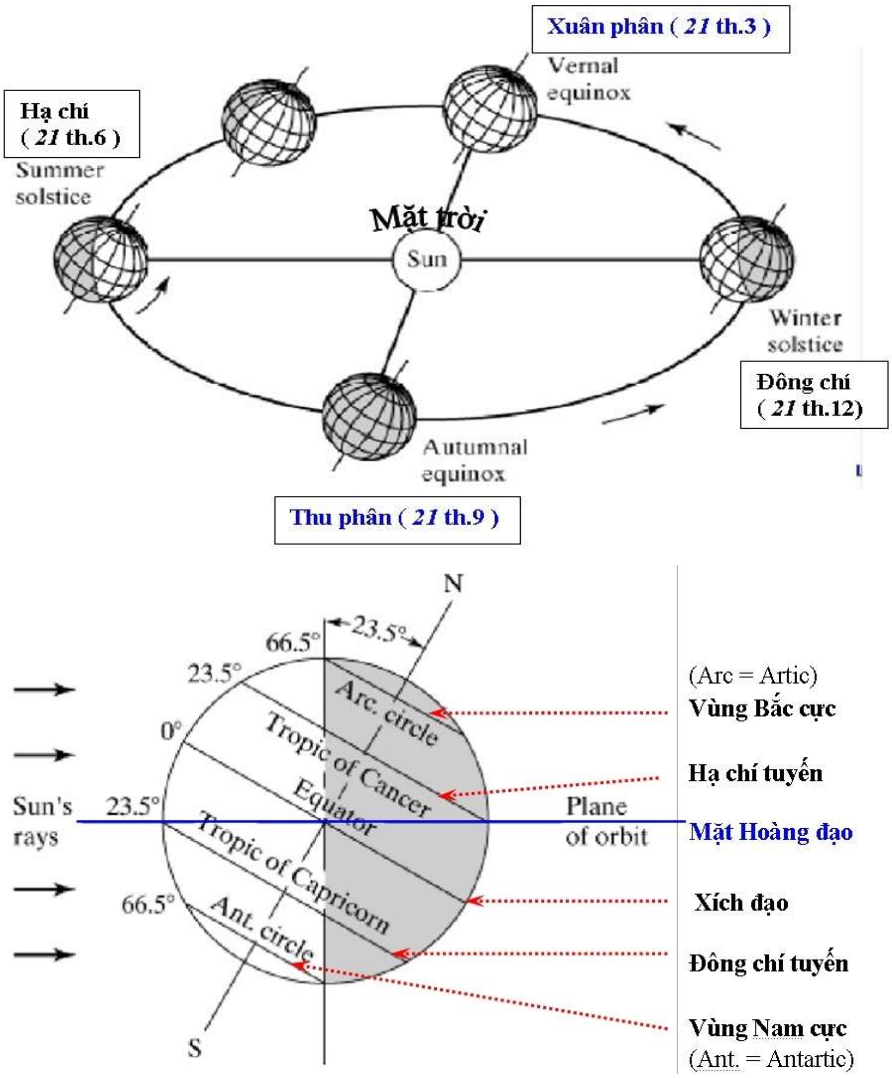
Trục Bắc cực - Nam cực nghiêng 23,5^{o} so với Hoàng đạo (Hình 7.2). Do vậy, có 4 ngày đặc biệt trong năm:

- Ngày Xuân phân ***21*** th.3 (*Vernal equinox*) và Thu phân ***21*** th.9 (*Autumnal equinox*): Ngày và đêm đều dài 12 giờ, ở tất cả mọi điểm trên thế giới.
- Ngày Hạ chí ***21*** th.6 (*Summer soltice*): Bắc cực sáng suốt ngày 24 h; ở Bắc bán cầu, ngày dài hơn đêm (tục ngữ Việt Nam: "Tháng Năm chưa

nằm đã sáng..." (tháng Năm âm lịch, khoảng tháng 6 DL). Ngược lại, ở Nam bán cầu, ngày ngắn, đêm dài; ở đỉnh Nam cực đêm tối suốt 24 h.

- Đông chí = ***21*** th.12 (*Winter soltice*): Bắc cực tối suốt 24 h; ở Bắc bán cầu, ngày ngắn hơn đêm ("... tháng Mười chưa cười đã tối"). Ngược lại, ở đỉnh Nam cực, ngày dài 24 h.

(Vùng Bắc cực, từ vĩ độ 66,5 đến 90° N; Nam cực, từ vĩ độ 66,5 đến 90° S).

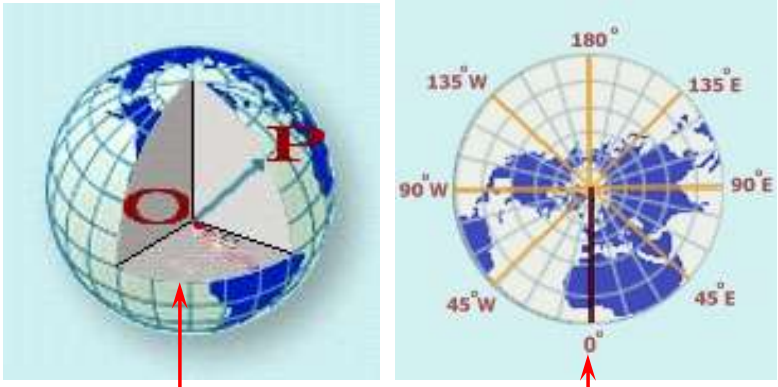


Hình 7.2. Quỹ đạo trái đất quanh mặt trời

7.3 VỊ TRÍ MẶT TRỜI ĐỐI VỚI TRÁI ĐẤT

Đây là vị trí của mặt trời từ mắt nhìn của một người đứng trên trái đất.

7.3.1 Trái đất: Vĩ tuyến và kinh tuyến, vĩ độ và kinh độ



Vĩ tuyến 0 = *Xích đạo*. Kinh tuyến 0 = *Greenwhich* (Giờ GMT)

Hình 7.3. Vĩ tuyến và kinh tuyến

Vĩ độ ϕ (*latitude angle*) là góc giữa mặt phẳng xích đạo và đường OP, với O là tâm trái đất; P là địa điểm trên mặt đất (Hình 7.3 và 7.4). Trị số của vĩ độ từ 0° đến **90° N** nếu ở Bắc bán cầu, 0° đến **90° S** nếu ở Nam bán cầu.

Kinh độ (*longitude angle*) là góc trên mặt xích đạo giữa hình chiếu điểm P và địa điểm qui ước là Greenwhich, ở nước Anh. Trị số của kinh độ từ 0° đến **180° E** nếu ở phía Đông Greenwhich (có Việt Nam), từ 0° đến **180° W** nếu ở phía Tây Greenwhich (có châu Mỹ).

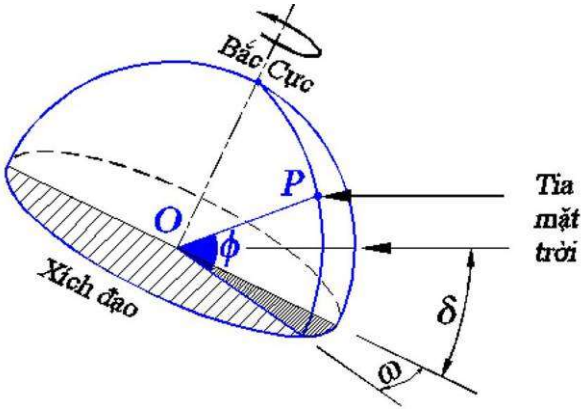
Bảng 7.1. Vĩ độ và kinh độ một số nơi trên thế giới

Địa điểm	Vĩ độ	Kinh độ
Hà Nội	21° 2' N = 21,03^{o}N	105° 52' E = 105,86^o E
TP Hồ Chí Minh	10° 47' N = 10,78 N	106° 42' E = 106,70 E
Bangkok	13° 44' N	100° 30' E
Greenwhich (≈ London)	51° 28' 38"N	**0° 0' 0''**
Rio De Janeiro (Brazil)	22° 55' S	43° 12' W

Qui ước : N, S, E, W *(viết tắt:* North, South, East, West*).*
Tiếng Việt: Bắc, Nam, Đông, Tây (không viết tắt).

7.3.2 Góc lệch δ

Ở Hình 7.4, tia mặt trời (MT) là đường nối tâm O của trái đất và tâm mặt trời; do khoảng cách rất xa, các tia mặt trời đến mặt đất coi như song song.



Hình 7.4. Các góc theo mặt xích đạo

Góc lệch δ (*declination angle*) là góc giữa Tia MT và hình chiếu tia MT trên Mặt phẳng xích đạo (Hình 7.4). Góc lệch δ (độ) tùy thuộc ngày cụ thể trong năm, theo công thức:

$$\delta = 23{,}45 * sin\frac{(284+n)*360}{365}$$

với: n = ngày thứ tự trong năm. Ví dụ:

Ngày 1 tháng 1: $n = 1$

Ngày 2 tháng 1: $n = 2$

Ngày 5 tháng 6: n = 156 = Tháng Giêng 31 + tháng Hai 28 + tháng Ba 31 + tháng Tư 30 + tháng Năm 31 + 5.

Ngày Hạ chí (21 th.6): $n = 172$, $\delta_{max} = +23{,}45^o$

Ngày Đông chí (21 th.12): $n = 355$, $\delta_{min} = -23{,}45^o$

Ngày Xuân phân và Thu phân: $\delta = 0^o$

7.3.3 Giờ mặt trời

Giờ mặt trời (*solar time*) ***t*** là giờ trước hoặc sau buổi trưa, tức là giờ so với lúc mặt trời ở cao nhất trên bầu trời (còn gọi là chính ngọ).

Góc giờ ω (*hour angle*): qui đổi giờ mặt trời thành góc, theo phương trình

$$\omega = (12 - t) * 15^o$$

ω là góc giữa hình chiếu OP và hình chiếu tia MT trên mặt phẳng xích đạo = góc của mặt trời so với vị trí buổi trưa. $-180^o \le \omega \le +180^o$

t = giờ trong ngày, từ 0 đến 24 h.

Qui ước (***Sách này***). Trước 12 h trưa ω dương; sau 12 h trưa ω âm.

Ví dụ: Lúc 9 giờ sáng, $t = +9$, $\omega = +45^o$;
lúc 3 giờ chiều, $t = 15$, $\omega = -45^o$; buổi trưa $t = 12$, $\omega = 0$.

Lưu ý: Một số tài liệu khác qui ước ngược lại, sau 12 h trưa = +,
nên $\omega = (t - 12) * 15^o$

7.3.4 Giờ đồng hồ

Giờ đồng hồ, ký hiệu $t_{đhồ}$ hoặc t_{clock} (tiếng Anh: *clock time* hoặc *standard time*) lấy theo kinh tuyến múi giờ, qui ước suốt 15° kinh tuyến theo cùng một giờ. Ví dụ, Việt Nam theo giờ Hà Nội, kinh tuyến 105° bằng GMT+7.

Giữa giờ mặt trời ***t*** và giờ đồng hồ có sai biệt nhỏ, do giờ đồng hồ lấy theo kinh tuyến qui ước, còn giờ mặt trời lấy theo kinh tuyến của địa điểm cụ thể, có thể nằm giữa hai kinh tuyến tính giờ.

Sai biệt giữa giờ mặt trời $t_{mtrời}$ và giờ đồng hồ $t_{đhồ}$ tính theo các công thức sau (Duffy &. Beckman 1980)

$$t_{\text{mtrời}} - t_{\text{đhồ}} = \pm 4 * (L_{\text{múigiờ}} - L_{\text{đđiểm}}) + E$$

Hệ số +4 với kinh tuyến Tây bán cầu (W);
- 4 với kinh tuyến Đông bán cầu (E)

với: E = Phương trình điều chỉnh:

$E = 9{,}87 \sin(2B) - 7{,}53 \cos(B) - 1{,}5 \sin(B)$

Hệ số: $B = 360 * (n - 81) / 364$

và: n = ngày trong năm ; $1 \le n \le 365$

$L_{\text{múigiờ}}$: kinh tuyến của múi giờ. Ví dụ, giờ Hà Nội, $L_{\text{múigiờ}} = 105^o$ E

$L_{\text{đđiểm}}$: kinh tuyến của địa điểm cụ thể.

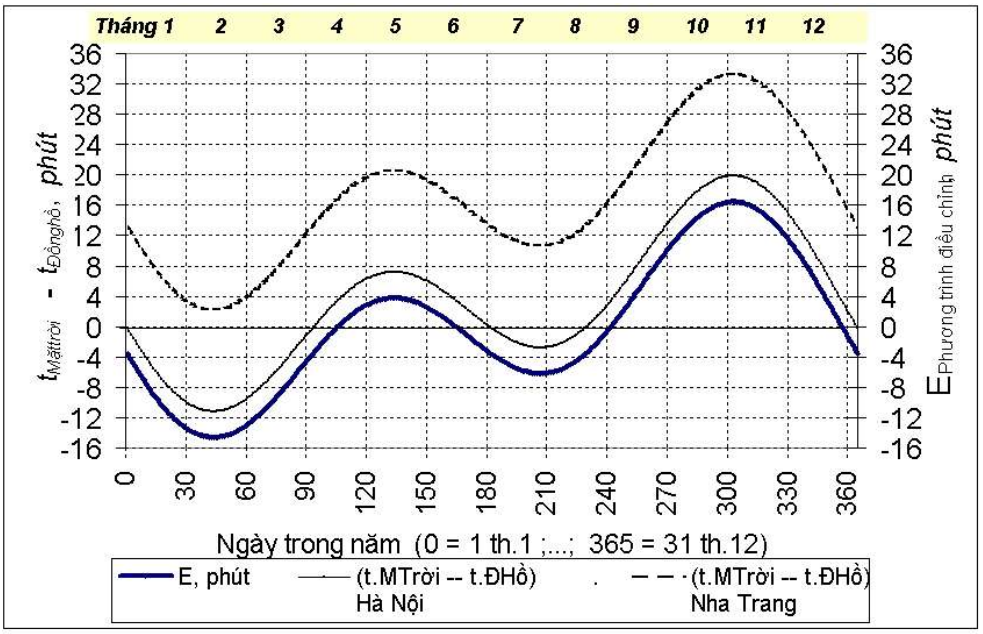
Ví dụ: Hà Nội tại Tháp Rùa, $L_{\text{đđiểm}} = 105{,}852^o$ E

Nha Trang tại Bảo tàng Hải dương học, $L_{\text{đđiểm}} = 109{,}206^o$ E

Hình 7.5 biểu thị phương trình điều chỉnh E (đường đậm), và minh họa sai biệt giờ tại 2 địa điểm trên ở Hà Nội và Nha Trang. Ví dụ vào ngày

1-tháng 2 DL (n = 32) với E = -14 phút, giờ mặt trời trễ hơn giờ đồng hồ 10 phút ở Hà Nội và sớm hơn 3 phút ở Nha Trang, nghĩa là nếu một kết quả tính toán cho ra ở Hà Nội t = 6h50' tương ứng với $t_{đhồ}$ = 6h40'. Nếu tính toán ra t = 6h50' ở Nha Trang, đồng hồ tại đó hiển thị 6h53'.

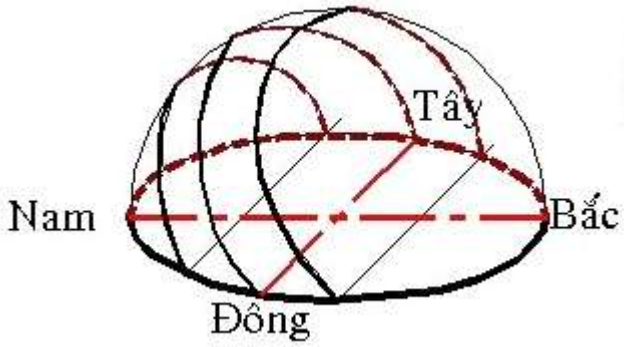
Trong thực tế tính toán thiết bị sử dụng thông thường, có thể bỏ qua sai biệt nhỏ này.



Hình 7.5. Sai biệt giữa giờ mặt trời ***t*** và giờ đồng hồ $t_{đhồ}$
Phương trình điều chỉnh E, và áp dụng với địa điểm Hà Nội và Nha Trang.

7.3.5 Quỹ đạo mặt trời nhìn từ trái đất

Một người đứng ở một điểm P trên mặt đất nhìn mặt trời từ lúc mọc đến lúc lặn sẽ thấy quĩ đạo mặt trời từ phía Đông sang phía Tây (Hình 7.6); quỹ đạo này thay đổi tùy theo ngày cụ thể trong năm. Nếu chiếu các quỹ đạo này trên mặt phẳng ngang qua P sẽ được các đường cong như Hình 7.10.



Hình 7.6: Quỹ đạo mặt trời nhìn từ trái đất

7.3.6 Góc cao độ α

Góc cao độ α (*altitude angle, elevation angle*) là góc giữa tia mặt trời và mặt phẳng ngang tại địa điểm P (Hình 7.7). Góc α lớn nhất vào thời điểm chính ngọ (giữa trưa).

Góc cao độ vào một thời điểm trong ngày tùy thuộc vĩ độ ϕ, góc lệch δ của ngày trong năm, và góc giờ trong ngày ω, theo công thức

$$\alpha = \arcsin (\sin \delta * \sin \phi + \cos \delta * \cos \phi * \cos \omega)$$

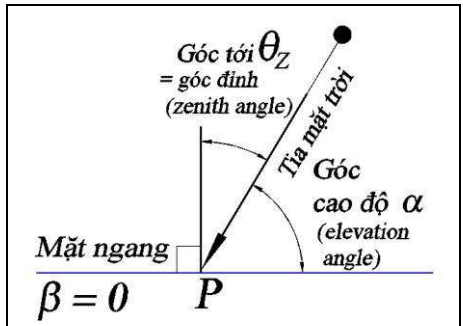
(các góc bằng radian)

Ghi chú:

Góc đỉnh (*zenith angle* θ_Z)
= góc giữa Tia MT và pháp tuyến tại P.

Góc cao độ + Góc đỉnh = 90°

Altitude angle + Zenith angle = 90°



Hình 7.7. Góc cao độ và Góc đỉnh

7.3.7 Góc phương vị A_z

Nếu ta đứng tại một địa điểm trên mặt đất P trên mặt phẳng nằm ngang, nhìn mặt trời, thì vị trí mặt trời được xác định bởi góc cao độ α và góc phương vị A_z (*azimuth angle,* Hình 7.8).

A_z = Góc giữa hướng Bắc-Nam và đường chiếu tia MT
trên mặt phẳng nằm ngang tại P.

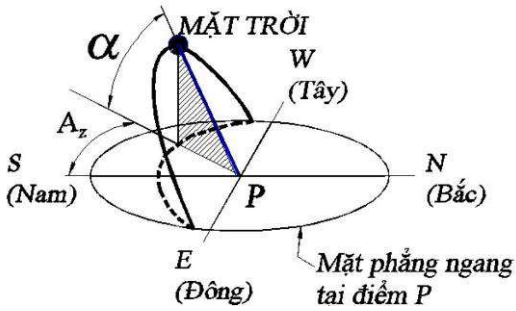
Lưu ý qui ước về góc, có thể khác nhau theo nguồn:

Qui ước thông dụng: Nam = 0° ; Tây= $+90^o$; Đông = -90° ; Bắc = 180° .

Phía hướng ***Tây*** (buổi chiều) = **+(*dương*)**.

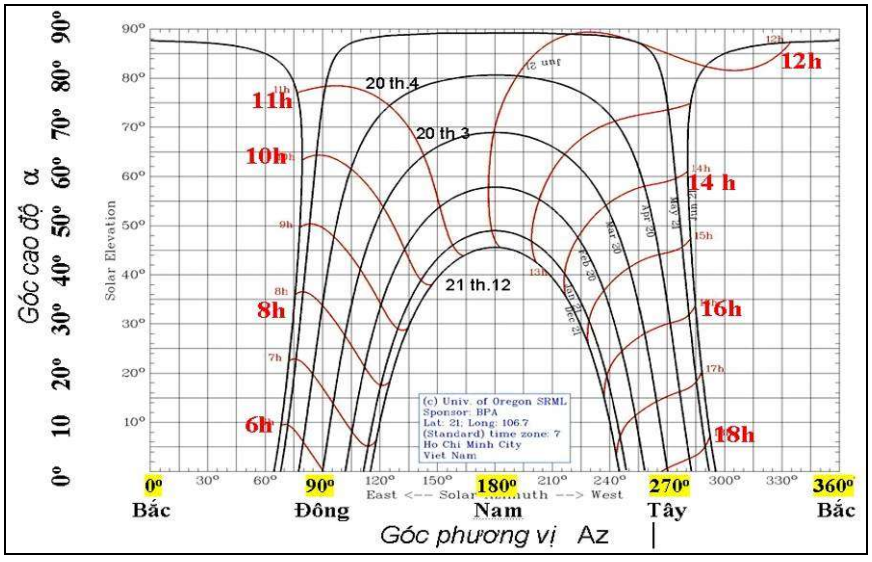
Phía hướng Đông (buổi sáng) = -(âm)

Qui ước khác: Bắc = 0° ; Đông = 90° ; Nam = 180° ; Tây= 270° theo chiều kim đồng hồ; (ví dụ: phần mềm Oregon, Hình 7.9a và Hình 7.9b http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html).

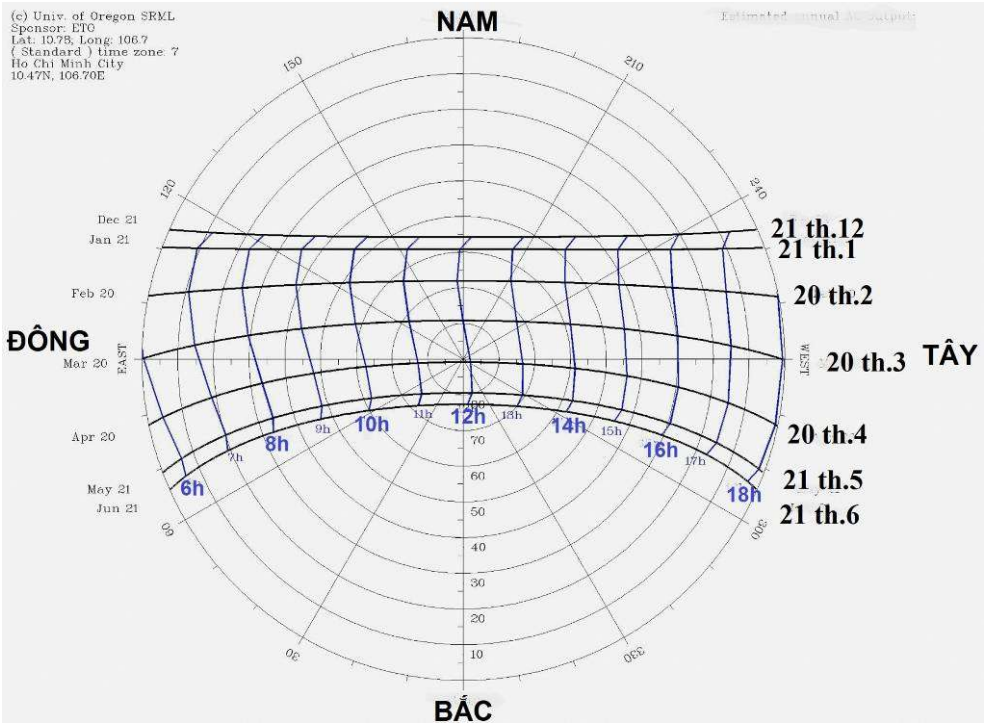


Hình 7.8. Các góc theo mặt nằm ngang

Hiện có nhiều phần mềm tính 2 góc trên theo địa điểm (Kinh tuyến và Vĩ tuyến) và theo thời gian (Ngày-Tháng-Giờ). Lưu ý chọn kiểu giờ sử dụng (giờ đồng hồ hay giờ mặt trời). Ví dụ ở Hình 7.9 và Hình 7.10.



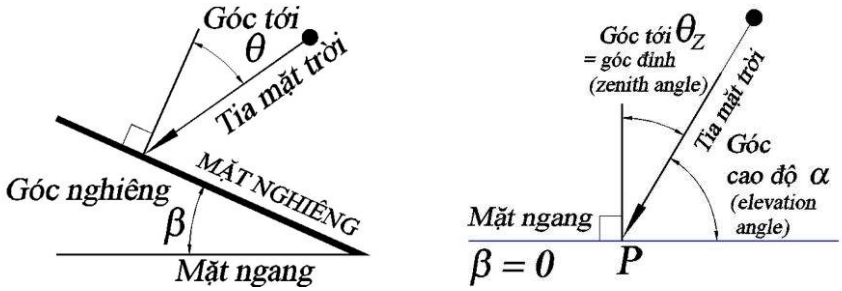
Hình 7.9. Góc cao độ (elevation) và góc phương vị (azimuth) ở Tp Hồ Chí Minh vào các giờ và ngày tháng khác nhau trong năm.



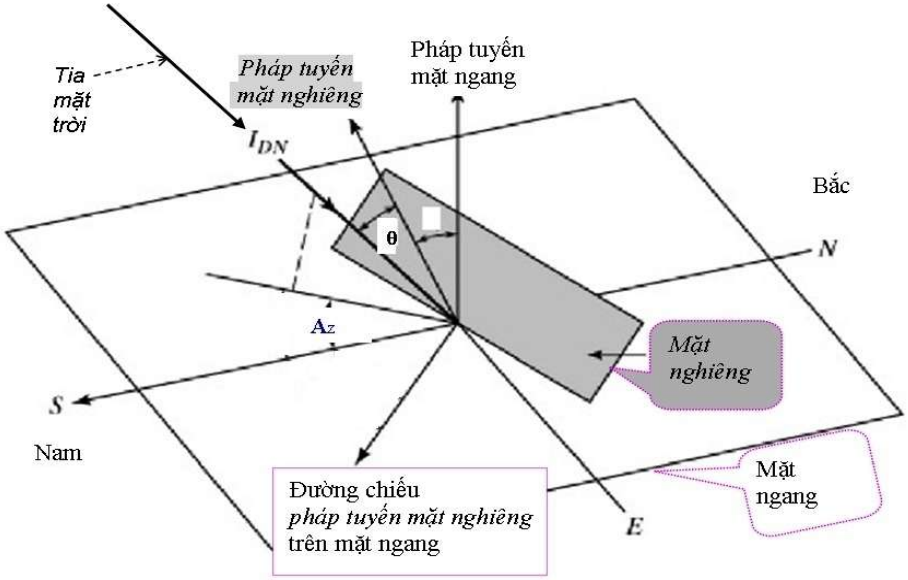
Hình 7.10. Quỹ đạo mặt trời (góc phương vị) Tp Hồ Chí Minh vào các giờ và ngày tháng khác nhau trong năm

7.3.8 Góc mặt trời qui chiếu trên mặt phẳng nghiêng

Tại một điểm trên trái đất, mặt nghiêng được xác định bởi β, là góc giữa mặt nghiêng và mặt nằm ngang (Hình 7.11 và 7.12).



Hình 7.11. Các góc theo mặt phẳng nghiêng và mặt ngang



Hình 7.12: Các góc đối với mặt ngang và mặt nghiêng

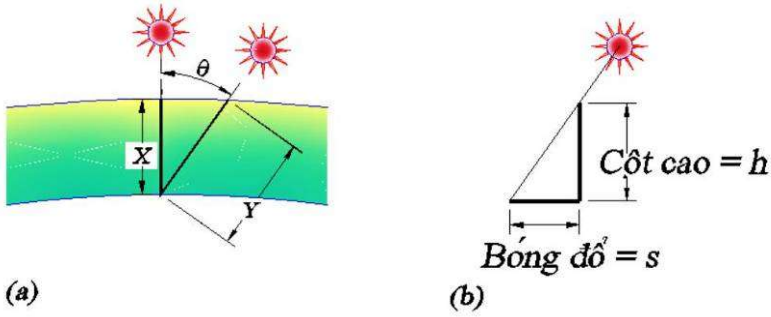
Góc tới (*angle of incidence*) θ: Góc giữa tia MT và pháp tuyến của mặt nghiêng.

Có thể tính được bức xạ mặt trời I_{Di} theo góc β và các góc qui định ngày của năm δ và giờ trong ngày ω: $I_{Di} = f(\beta, \phi, \delta, \omega)$.

Khi β = 0 (mặt ngang): $I_{Di} = I_{DN}$ (Mục 7.4).

7.3.9. Tỷ khối khí

Khoảng đường tia mặt trời phải xuyên qua bầu khí quyển ảnh hưởng đến cường độ bức xạ đến mặt trời, do vậy cần một chỉ số cho vấn đề này.



Hình 7.13. Tỷ khối khí: (a). Định nghĩa ; (b). Cách đo

Tỷ khối khí (*Air Mass, AM*) là tỷ số của quãng đường xuyên qua lớp khí quyển từ một điểm trên mặt đất nhìn thấy mặt trời so với quãng đường cũng xuyên qua lớp khí quyển theo phương xuyên tâm của Trái Đất (Hình 7.13).

$$AM = \frac{Y}{X} = \frac{1}{\cos\theta}$$

với θ = góc tới (*zenith angle*). $0 \le \theta \le 70^o$

Khi tia trực xạ tới từ đỉnh đầu ($\theta = 0^o$), $AM = 1$ (*airmass one*, *AM1*).

Khi tia tới hợp thành 60° với đỉnh đầu ($\theta = 60^o$), $AM = 2$ (*airmass two AM2*).

Tỷ khối khí ze-rô (*airmass zero*, *AM0*).ứng với bức xạ mặt trời ở ngoài bầu khí quyển.

Phương pháp đơn giản để xác định *AM* (Hình 7.13b): Đo chiều dài bóng đổ ***s*** của cây cột có chiều cao ***h***.

$$AM = \sqrt{1 + (s/h)^2}$$ Ví dụ: h = 1 m; s = 1,35 m; AM = 1,68

Ghi chú: Công thức chính xác hơn để tính *AM*, có để ý đến độ cong của trái đất:

$$AM = \frac{1}{\cos\theta + 0{,}50572 * (96{,}07995 - \theta)^{-1{,}6364}}$$

Sai số không nhiều, chỉ 0,1% với $\theta = 75^o$, và 0,3% với $\theta = 85^o$ (khi mặt trời mới mọc hoặc gần lặn).

Tỷ khối khí *AM* được dùng để tính cường độ bức xạ mặt trời (Mục 7.4).

7.3.10 Công thức tính các góc mặt trời

Với định nghĩa các góc như ở phần trước:

θ = góc tới;	ϕ = góc vĩ độ;	β = góc nghiêng;
δ = góc lệch;	A_z = góc phương vị;	ω = góc giờ

Công thức chung:

$$\begin{aligned}\cos\theta = {} & \sin\phi\,(\sin\delta \cdot \cos\beta + \cos\delta \cdot \cos A_z \cdot \cos\omega \cdot \sin\beta) \\ & + \cos\phi\,(\cos\delta \cdot \cos\omega \cdot \cos\beta - \sin\delta \cdot \cos A_z \cdot \sin\beta) \\ & + \cos\delta \cdot \sin A_z \cdot \sin\omega \cdot \sin\beta\end{aligned}$$

(Chứng minh công thức này, tham khảo Duffie & Beckman 1980).

Với mặt nằm ngang và mặt trời ở hướng Nam: $\beta = 0^o$; $A_z = 0^o$
và $\theta = \theta_z$ = zenith angle = góc đỉnh (giữa tia MT và phương thẳng đứng)

$$\cos\theta = \sin\phi \,.\, \sin\delta + \cos\phi \,.\, \cos\delta \,.\, \cos\omega$$

Với mặt nghiêng và mặt trời ở hướng Nam: $A_z = 0^o$

$$\begin{aligned}\cos\theta = {} & \sin\phi\,(\sin\delta \,.\, \cos\beta + \cos\delta \,.\, \cos\omega \,.\, \sin\beta) \\ & + \cos\phi\,(\cos\delta \,.\, \cos\omega \,.\, \cos\beta - \sin\delta \,.\, \sin\beta) \\ = {} & \sin\delta \,.\, \sin(\phi - \beta) + \cos\delta \,.\, \cos\omega \,.\, \cos(\phi - \beta)\end{aligned}$$

Ví dụ: Tính góc tới θ trên mặt phẳng nghiêng $\beta = 36^o$ về hướng Nam ở TP Hồ Chí Minh ($10^o47'$ N = $10{,}78^o$ N, $106^o42'$ E) vào ngày 1 tháng 12 trong năm, vào lúc 9h00 và 15h00.

Giải: Ngày 1 tháng.12 là ngày thứ 335 của năm: $n = 335$.

$$\delta = 23{,}45 * \sin\frac{(284+n)*360}{365} = -22{,}11^o$$

Lúc 9h00, $t = +9$, $\omega = (12 - t) * 15^o = 45^o$

$\cos\theta_{9h} = \sin\delta \,.\, \sin(\phi - \beta) + \cos\delta \,.\, \cos\omega \,.\, \cos(\phi - \beta)$

$= \sin(-22{,}11)\,\sin(10{,}78^o - 36^o) + \cos(-22{,}11^o)\,\cos(45^o)\,\cos(10{,}78^o - 36^o)$

$= 0{,}753038$

$\Rightarrow \quad \theta_{9h} = 41{,}14^o = 41^o09'$

Tương tự, vào lúc 15h00, $t = 15$, $\omega = (12 - t) * 15^o = -45^o$

Dùng công thức trên, vì $\cos(45^o) = \cos(-45^o)$, nên kết quả không đổi.

$\theta_{15h} = \theta_{9h} = 41{,}14^o = 41^o09'$

7.3.11 Áp dụng công thức các góc mặt trời

➢ **Giờ mặt trời mọc và góc giờ mặt trời mọc ω_{mtMoc} ($\omega_{sunrise}$)**

Áp dụng công thức chung ở trên, với $\beta = 0^o$; $\theta = 90^o$

tính được: $\omega_{mtMoc,\,radian} = \cos^{-1}(-tg\,\phi\ tg\,\delta)$

với: ϕ = góc vĩ độ, δ = góc lệch

$\omega_{mtMoc,\,độ} = \omega_{mtMoc,\,radian} * (180 / \pi)$

suy ra: $t_{mtmoc} = 12 - \frac{\omega_{mtMoc,đô}}{15}$

- **Giờ mặt trời lặn**: Tương tự, tính được $\omega_{mtLan} = -\omega_{mtMoc}$

  Tóm tắt, giờ mặt trời mọc hoặc lặn thay đổi tùy vĩ độ (ϕ) và ngày trong năm (δ).

- **Vận dụng các công thức** để giải thích câu "*tháng Năm chưa nằm đã sáng, tháng Mười chưa cười đã tối*" với vị trí mặt trời ở TP Hồ Chí Minh hoặc các nơi khác ở Việt Nam.

- Người xưa dùng âm lịch, nên tháng Năm là khoảng tháng 6 dương lịch (DL), còn tháng Mười tương ứng với khoảng tháng 11 hoặc 12 DL.

Với mặt nằm ngang, *góc tới* $\theta = \theta_z$ (giữa tia MT và pháp tuyến mặt nghiêng)

Ban ngày, thấy mặt trời nghĩa là: $0^o < \theta < 90^o$

Khi mặt trời chớm mọc hoặc sắp lặn $\theta = 90^o$

Nếu $\theta > 90^o$ nghĩa là không thấy mặt trời, nghĩa là chưa mọc hoặc đã lặn rồi vào thời điểm xem xét.

Công thức (Mục 7.3.10) *với mặt nằm ngang:* $\beta = 0^o$

$\cos\theta = \sin\phi . \sin\delta + \cos\phi . \cos\delta . \cos\omega$

So với mặt nằm ngang, khi mặt trời mọc hoặc lặn, $\theta = 90^o$, $\cos\theta = 0$

Suy ra góc giờ ω:

$$\cos\omega_{mtMoc,\,mtLan} = \frac{-\sin\phi . \sin\delta}{\cos\phi . \cos\delta} = -\tan\phi . \tan\delta$$

Xác định tan ϕ tùy thuộc địa điểm. Ví dụ ở TP Hồ Chí Minh,
vĩ độ $\phi = 10^o\,47'N = 10,78N = 10,78^o$; kinh độ $106^o\,42'$ E, $\tan\phi = 0,1905$

Xác định tan δ tùy thuộc ngày trong năm.
Ví dụ vào ngày Hạ chí 21tháng 6 = ngày thứ 173 của năm. $n = 173$

$\delta = 23,45 * \sin[(360 / 365) * (284 + n)] = 23,4480$ độ

$\tan\delta = 0,4337$

Vậy: $\cos\omega_{mtMoc,} = -\tan\phi .$ $\tan\delta = -0.08261$

hay: ω_{mtMoc},= 1,6535 radian = 94,74 độ;

ω_{mtLan},= - 1,6535 radian = - 94,74 độ.

Chuyển đổi:

$$t_{mtMoc} = 12 - \frac{\omega_{mtMoc,đô}}{15} = 12 - (94,74 / 15) = 5 \text{ giờ } 41 \text{ phút } (\textit{mọc sớm})$$

$$t_{mtLan} = 12 - \frac{\omega_{mtLan,đô}}{15} = 12 - (- 94,74 / 15) = 18 \text{ h } 19 \text{ phút}$$

Tính tương tự trên, với ngày Đông chí 21 tháng 12:

t_{moc} = 6 giờ 19 phút; t_{lan} = 17 giờ 41 phút (mặt trời *lặn sớm*).

"*...chưa nằm đã sáng, ...chưa cười đã tối*" ứng với các giờ mặt trời mọc và lặn như trên.

Người đọc có thể kiểm tra với các địa điểm khác ở Việt Nam, như Cà Mau, Hà Nội, Cao Bằng v.v.

Câu trên nói về hiện tượng ở *Việt Nam*, không phải ở Âu Mỹ. Lấy một địa điểm ở Australia hay Brazil thì không còn đúng nữa.

Lưu ý:

Giờ tính như trên là giờ mặt trời ***t***, lấy đúng kinh tuyến qua TP Hồ Chí Minh 106°42'E, không phải là giờ đồng hồ lấy theo kinh tuyến qui ước 105°E, nên có có sai biệt nhỏ theo giờ đồng hồ. Hiệu chỉnh, xem Mục 7.3.4.

7.4 BỨC XẠ MẶT TRỜI

Bức xạ mặt trời nằm trong phổ các tia sóng sau:

<table>
<tr><td>Vũ trụ

0,2 μm</td><td>Gamma</td><td>Tia X</td><td>Cực tím
(Tử ngoại)</td><td>Ánh sáng nhìn thấy
0,38-- 0,78 μm</td><td>Hồng ngoại</td><td>Vô tuyến

3 μm</td></tr>
<tr><td colspan="4">Lượng bức xạ: 95 W/m^2</td><td>640 W/m^2</td><td colspan="2">618 W/m^2</td></tr>
<tr><td colspan="4">7%
(Tổng số 95+640+618 = 1353 W/m^2)</td><td>47%</td><td colspan="2">46%</td></tr>
</table>

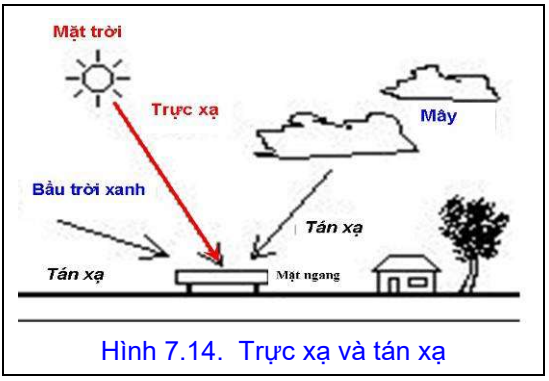
7.4.1 Hằng số mặt trời

Hằng số mặt trời (*solar constant*) **1353 W/ m^2** là giá trị bức xạ trung bình toàn năm, đo thẳng góc với mặt ngoài khí quyển, cách mặt đất khoảng 75 km; sai số khoảng ± 3% trong năm do quỹ đạo ellipse của trái đất.

Bức xạ mặt trời gặp bầu khí quyển, một phần phản xạ trở ra vũ trụ, khoảng 6%.

Tầng ozone hấp thụ khoảng 3%.

Phần còn lại đến mặt đất gồm 2 thành phần:



Hình 7.14. Trực xạ và tán xạ

- **Trực xạ** I_{DN} (*direct beam radiation*): đo trên mặt thẳng góc với tia mặt trời.

  Trời nắng chói, trị số $I_{DN} \approx 900$ W/m^2

- **Tán xạ** I_d (*diffuse radiation*): đo trên mặt nằm ngang, và che tia trực xạ.

Trời trong không mây: $I_d \approx 100$ W/m^2 ; trời mây che: $I_d \approx 300\text{-}600$ W/m^2

Cả ban đêm cũng có tán xạ, do nhiệt độ của bầu khí quyển.

Tổng bức xạ (*Global solar irradiance*) trên mặt phẳng ngang

$$I_g = I_{DN} \cos\theta + I_d$$ với θ =góc tới.

7.4.2 Ước lượng bức xạ

Trực xạ I_{DN} có thể ước lượng theo tỷ khối khí AM, vì mặt trời càng gần trên đỉnh đầu, bức xạ càng lớn.

Ở cao độ mặt biển: $I_{DN} = 1353 * 0{,}7^{(AM^{0{,}678})}$

Tổng bức xạ có tính thêm 10% do tán xạ: $I_G = 1{,}1 * I_{DN}$

Ví dụ: $AM = 1{,}5$ tính ra $I_{DN} =$ 846 W/m^2 và $I_G =$ 931 W/m^2.

Một cách ước lượng khác theo Mô hình ***ASHRAE Clear Day Solar Flux*:**

Trực xạ: $$I_{DN} = A\, e^{-B \sin\beta}$$

trong đó β = góc nghiêng của mặt. Với mặt ngang β = 0, $I_{DN} =$ A.

Hệ số A [W/m^2]. Các hệ số B, C không thứ nguyên (Bảng 7.2)

Tán xạ: $I_{dH} = C\ I_{DN}$ (ký hiệu $_H$ = mặt ngang)

Bảng 7.2: Các hệ số để ước lượng bức xạ mặt trời theo mô hình ASHRAE Clear Day Solar Flux .

Tháng (DL)	**A**, W/m^2	**B**	**C**
1	1230	0,142	0,058
2	1215	0,144	0,060
3	1186	0,156	0,071
4	1136	0,180	0,097
5	1104	0,196	0,121
6	1088	0,205	0,134
7	1085	0,207	0,136
8	1107	0,201	0,122
9	1151	0,177	0,092
10	1192	0,160	0,073
11	1221	0,149	0,063
12	1233	0,142	0,057

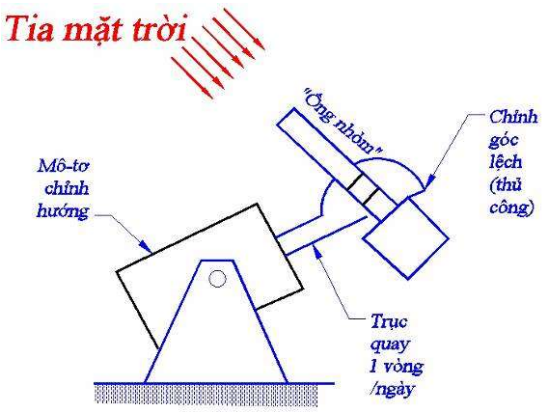
7.4.3 Đo bức xạ mặt trời

Cường độ bức xạ [W/m^2] được đo trong ngày theo gian cách nhất định (vài giây, vài phút) và lấy trung bình. Nhân với thời gian có nắng tương ứng, ta có được lượng bức xạ trong ngày [kWh/(m^2.ngày)]. Cộng các ngày trong tháng hoặc trong năm, có được lượng bức xạ trong tháng và năm .

Có nhiều nguyên tắc đo bức xạ mặt trời, nhưng phổ biến là dựa trên hiệu ứng quang điện, dùng tế bào quang (*photocell*) biến bức xạ thành điện. Cường độ dòng điện (mA) càng lớn , nghĩa là bức xạ càng nhiều. Có tiêu chuẩn Standard ISES cho các dụng cụ đo này. Phân ra hai loại dụng cụ đo:

Trực xạ kế (*pyrheliometer*)

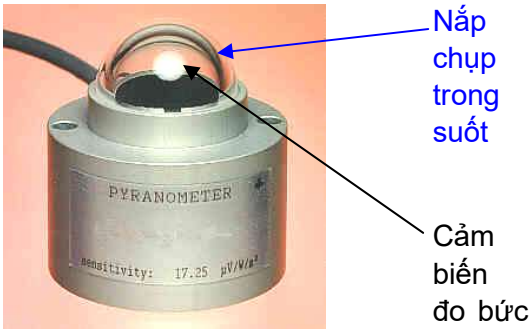
Trực xạ kế dáng giống như ống nhòm. Đo cường độ tia thẳng góc với mặt nhận (Hình 7.15). Dụng cụ luôn nhắm về phiá mặt trời, nhờ bộ phận chỉnh hướng (*tracking device*); chùm tia qua lổ và được lọc chỉ còn lại tia 5000 A^0 (angstrom) hay 0,5 μ; phần tia này rơi trên tế bào quang và đo được dòng điện (mA); hoặc nếu dùng cặp nhiệt tỷ lệ với độ sáng, đo được điện thế (mV). Chuyển đổi dòng điện thành đơn vị bức xạ (W/m^2) theo cân chuẩn.



Hình 7.15. Trực xạ kế (*pyrheliometer*)

Nhật xạ kế (pyranometer, solarimeter)

Đo tổng năng lượng bức xạ từ bán cầu trên mặt ngang, gồm cả trực xạ và tán xạ. Hình dạng giống như quả bán cầu thủy tinh bao phủ cảm biến ở trong (Hình 7.16); đơn vị đo W/m^2. Có loại tự ghi, qui ra kWh/m^2/ngày. Cảm biến dùng mặt đen hấp thu, đo hiệu ứng nhiệt điện (mV).



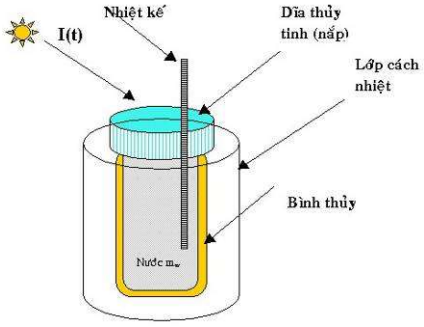
Hình 7.16. Nhật xạ kế (pyranometer)

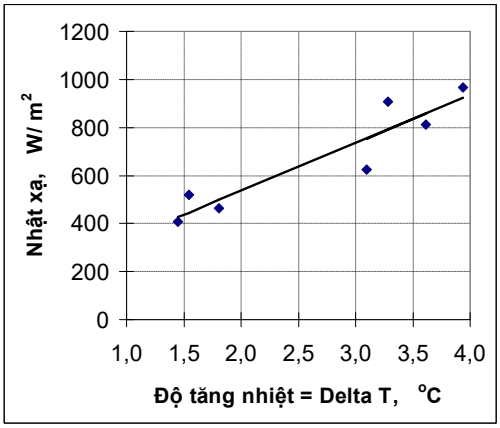
Hình 7.17. Nhật xạ kế hiệu Daystar

Cũng có cảm biến dùng pin quang điện đo dòng điện (mA). Hình 7.17 là nhật xạ kế Daystar™ đo tổng xạ, dùng pin 9 volt; cảm biến là pin mặt trời silicon. Độ chính xác 3% ở 1 000 W/m^2 ; được hiệu chuẩn với nhật xạ kế của Sandia National Laboratories của Mỹ. Do cảm biến phẳng, khi sử dụng cần chỉa mặt cảm biến thẳng góc với tia mặt trời, để có số đọc lớn nhất.

Nhật xạ kế đơn giản bằng bình thủy

Tạm dùng khi không có bức xạ kế (ví dụ khi thí nghiệm liên quan đến năng lượng mặt trời ở vùng xa). Dụng cụ được chế từ một bình thủy thông thường (Hình 7.18). Mức tăng nhiệt độ liên hệ đến bức xạ nhiệt mặt trời, và được hiệu chuẩn theo các máy đo tin cậy. Ví dụ với một kết cấu cụ thể:





(mỗi điểm = trung bình của 15 số đọc)

Hình 7.18. Nhật xạ kế đơn giản dùng bình thủy và đường cân chuẩn (Nguyễn M. Hoàng 2005)

7.4.4 Số liệu cần biết về bức xạ mặt trời

Số giờ nắng

Số giờ nắng thay đổi theo địa điểm và thời gian trong năm. Ví dụ ở TP Hồ Chí Minh, tháng 2– 3 DL có khoảng 9 giờ /ngày; tháng 6 DL có 5 giờ/ngày (Hình 7.19). Tổng số giờ nắng trong năm Σ = 2480 giờ.

Cường độ và phân bố

Ví dụ ở TP Hồ Chí Minh: Cường độ và lượng trực xạ,

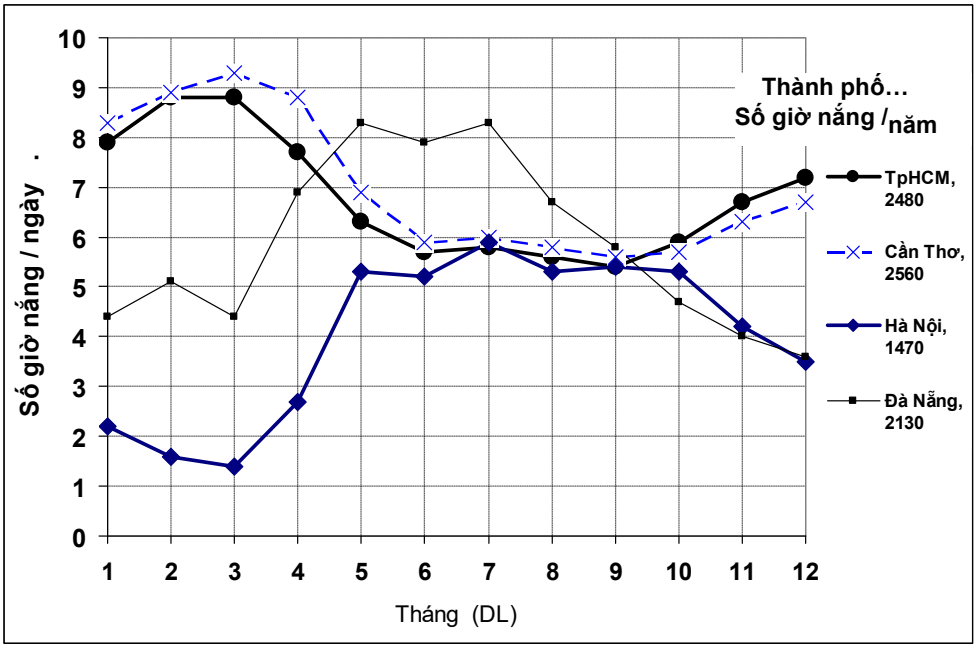
Tháng 2– 3 DL: 650 W/m^2 (max). Tháng 3 DL: 6,6 kWh / (m^2.ngày)

Tháng 6– 11 DL: 340 W/m^2 (min). Tháng 11 DL: 4,3 kWh /(m^2.ngày)

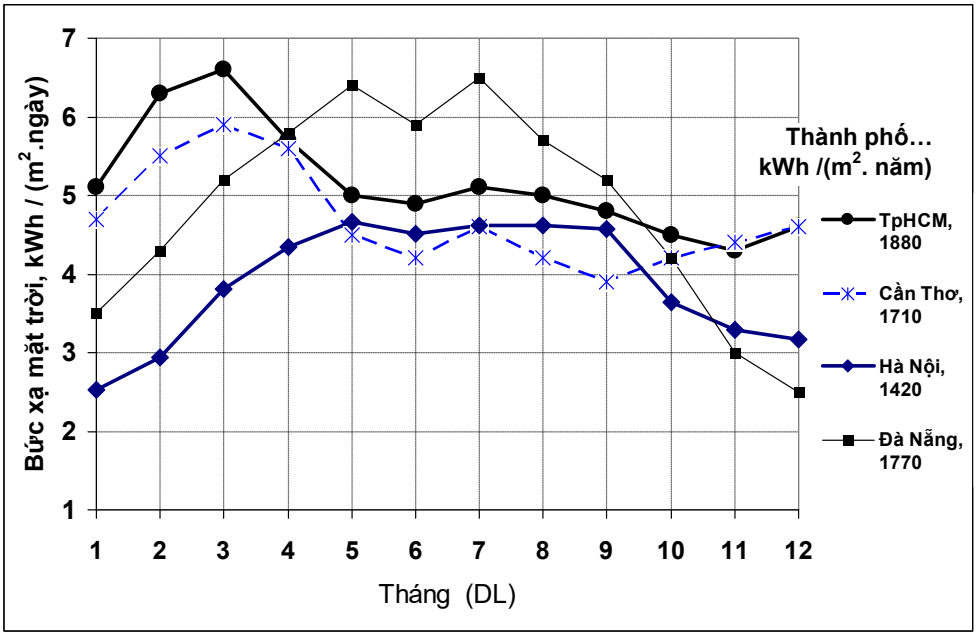
Trung bình:

4,9 kWh /(m^2.ngày) = 1780 kWh /(m^2.năm) = 17,5 MJ/(m^2.ngày)

Các tỉnh phía Bắc mùa đông (Hình 7.20) chỉ được 1- 2 kWh /(m^2.ngày)

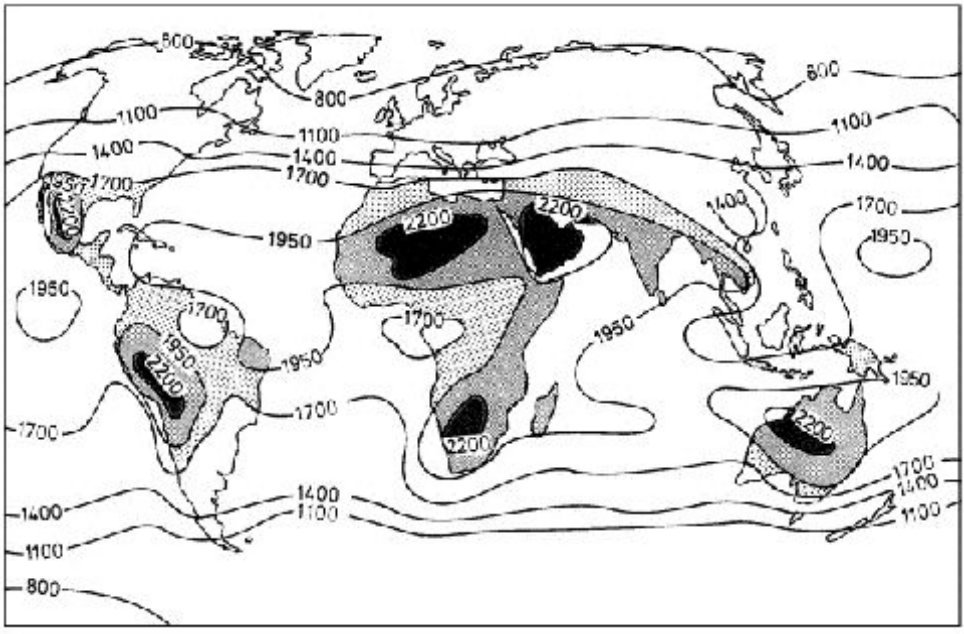


Hình 7.19. Số giờ nắng tại 4 thành phố của Việt Nam



Hình 7.20. Cường độ và phân bố bức xạ mặt trời tại 4 thành phố của Việt Nam

Bản đồ phân bố năng lượng mặt trời theo tháng hoặc năm được lập ra trên thế giới (Hình 7.21). Mỗi năm, sa mạc Sahara có 2200 kWh/m^2 , gần gấp 3 lần các nước Bắc Âu chỉ có 800 kWh/m^2.



Hình 7.21. Phân bố lượng bức xạ hàng năm, kWh / (m^2.năm) trên thế giới
1000 kWh / (m^2.năm) = 2,74 kWh / (m^2. ngày)
= 9,86 MJ / (m^2.ngày) ≈ 10 MJ / (m^2.ngày)

Ghi chú về *langley*, đơn vị bức xạ phổ biến trước đây:

1 langley = 1 cal /cm^2 = 0,0418 MJ /m^2 = 0,0116 kWh /m^2

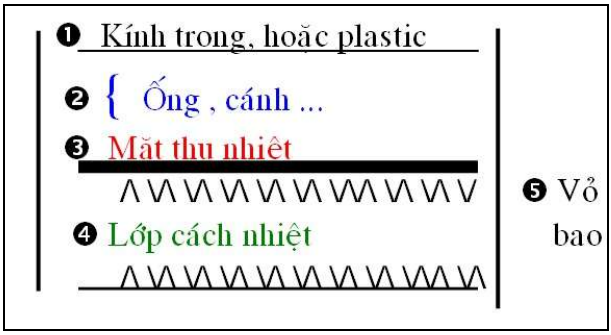
1 langley /phút = 1 cal /cm^2 /phút = 0,7 kW /m^2

Phần II: ÁP DỤNG NHIỆT TỪ NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

7.5 PHÂN TÍCH BỘ THU NHIỆT

Bộ thu nhiệt để nung nóng chất lỏng (đun nước nóng) hay đun nóng không khí (để sấy, sưởi…) có cấu tạo giống nhau về cơ bản; chỉ khác về lưu chất được nung nóng. Bộ thu nhiệt tấm phẳng được áp dụng sớm nhất và thông dụng nhất, có thể minh họa cho các loại bộ thu nhiệt khác.

7.5.1 Tấm phẳng thu nhiệt



Hình 7.22. Tấm thu nhiệt phẳng

Cấu tạo (Hình 7.22) gồm: ❶Kính trong gây hiệu ứng nhà kính, không cho bức xạ nhiệt ($\lambda = 3 - 50\ \mu$) ra, và tránh đối lưu do gió. ❷Các ống dẫn nước và cánh để tăng truyền nhiệt, hoặc chỉ là đường dẫn dòng không khí. ❸Mặt thu nhiệt, màu đen để hấp thu nhiệt cao nhất.

Để tính toán bộ thu nhiệt, trước nhất cần biết lượng bức xạ mặt trời có được.

7.5.2 Ba thành phần của bức xạ mặt trời

Bức xạ ΣE đến tấm phẳng biến thành 3 phần: phản xạ (r), hấp thu (a), và truyền qua (t)

$$\Sigma E = E_r + E_a + E_t$$

$$\Sigma E / \Sigma E = E_r/\Sigma E + E_a/\Sigma E + E_t/\Sigma E$$

$$1 = \rho + \alpha + \tau = \text{(hệ số) phản xạ + hấp thu + truyền qua}$$

Các trường hợp đặc biệt: vật trắng tuyệt đối, $\rho = 1$ (hoàn toàn phản xạ);
vật đen tuyệt đối, $\alpha = 1$ (hoàn toàn hấp thu);
vật trong suốt tuyệt đối, $\tau = 1$ (hoàn toàn truyền qua).

7.5.3 Hệ số tích hợp hấp thu và truyền qua

Phần có ích cho bộ thu nhiệt cần quan tâm là hấp thu và truyền qua. Hai thành phần này tùy thuộc vào góc tới θ (góc giữa tia mặt trời và pháp tuyến của mặt thu nhiệt).

Bảng 7.3. Hệ số truyền qua kính trong và Hệ số hấp thụ của mặt đen

Góc tới	θ	0°	60°	70°	80°	90°
Hệ số truyền qua	τ_θ	0,90	0,80	0,65	0,35	0
Hệ số hấp thụ	α_θ	0.92	0.85	0.75	0.60	0
Hệ số tích hợp	$\tau_\theta * \alpha_\theta$	0.83	0.68	0.49	0.21	0

Bức xạ I_{in} trên mặt kính trong: $I_{in} = I_{DN} \cos\theta + I_d$

với: I_{DN} = trực xạ ; I_d = tán xạ.

Nếu là tấm kính trong trên mặt hấp thu đen, thì bức xạ trên mặt hấp thu đen:

$$I_{in} = \tau_\theta \; I_{DN} \; \cos\theta \; + \; \tau_{TB} \, I_d$$

với: τ_{TB} = trị số trung bình của τ_θ (trên nhiều giờ trong ngày, và các góc tới khác nhau).

Bức xạ q_a được mặt đen hấp thu:

$q_a = \tau_\theta \; \alpha_\theta \; I_{DN} \; \cos\theta + (\tau\,\alpha)_{TB} \; I_d$

với: $(\tau\alpha)_{TB}$ là trị số trung bình của $(\tau_\theta \, \alpha_\theta)$ = tích phân trên bán cầu:

$$(\tau\alpha)_{TB} = \frac{\int_{\theta=0}^{\pi/2} \tau_\theta \, \alpha_\theta \, \sin\theta \cos\theta \, d\theta}{\int_{\theta=0}^{\pi/2} \sin\theta \cos\theta \, d\theta}$$

Kết quả ghi ở Bảng 7.3.

7.5.4 Đơn giản công thức hệ số tích hợp hấp thu và truyền qua

Thực tế nhiệt độ của tấm phẳng không đồng nhất, giữa nhiệt độ trong ống nước và nhiệt độ ngoài ống; giữa nhiệt độ đầu vào và đầu ra.

Đơn giản hóa, coi như nhiệt độ mặt đen là đồng nhất và bằng T_b.

Đơn giản hóa thứ hai, coi như bức xạ q_a được mặt đen hấp thu tính theo công thức: $q_a = \gamma \cdot q_{in}$,

trong đó: q_{in} = bức xạ mặt trời đến với mặt thu nhiệt W/m^2

γ = hiệu suất quang học = $(\tau\alpha)_{TB}$.

Với *một* tấm kính trong, $\boldsymbol{\gamma = (\tau\alpha)_{TB} \approx 0{,}70}$

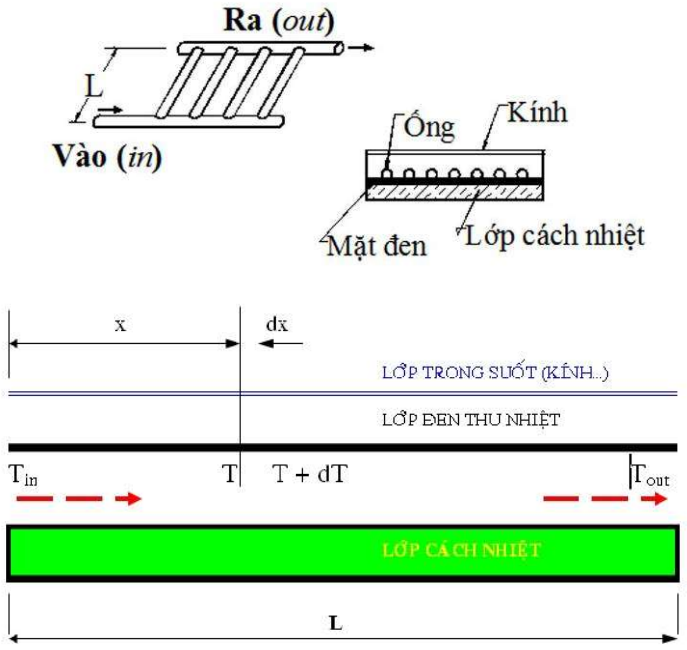
7.5.5 Tính toán bộ thu nhiệt

Các phân tích về bộ thu nhiệt kết cấu khác nhau sẽ khác nhau.

Sau đây trình bày tiêu biểu về *bộ thu nhiệt tấm phẳng*. Gọi:

q = công suất nhiệt tính trên 1 m^2,	W/m^2
Q = công suất nhiệt tính trên mặt thu nhiệt A m^2,	W
q_{in} = bức xạ mặt trời đến với mặt thu nhiệt,	W/m^2
γ = hiệu suất quang học = $(\tau\alpha)_{TB}$; với 1 tấm kính trong, $(\tau\alpha)_{TB} \approx$ 0,70	--
$\gamma.q_{in}$ = bức xạ được mặt đen hấp thu	W/m^2
$\mathbf{q_{out}}$ = công suất đầu ra của bộ thu nhiệt trên 1 đơn vị diện tích,	W/m^2
F' = hiệu suất hiệu dụng bộ thu nhiệt; thường F' = 0,87– 0.90	--
U = hệ số tổn thất nhiệt chung giữa mặt đen và môi trường, (được giả định là hằng số)	$W\ m^{-2}\ K^{-1}$
T_a = nhiệt độ môi trường (không khí),	^oC
T_f = nhiệt độ lưu chất (nước hoặc không khí)	^oC
T_{in} = nhiệt độ lưu chất (nước hoặc không khí) đầu Vào,	^oC
T_{out} = nhiệt độ lưu chất (nước hoặc không khí) đầu Ra,	^oC
$\dot{M}$ = lưu lượng khối (nước hoặc không khí) = G.A	$kg\ s^{-1}$
A = diện tích mặt thu nhiệt	m^2
G = lưu lượng khối trên một đơn vị diện tích,	$kg\ s^{-1}m^{-2}$
c = nhiệt dung lưu chất, với không khí: c = 1005 $J\ kg^{-1}\ K^{-1}$ nước: c = 4184 $J\ kg^{-1}\ K^{-1}$	

Phân tích cân bằng năng lượng dọc theo bộ thu nhiệt (Hình 7.23), có thể rút được các phương trình sau:



Hình 7.23. Phân tích cân bằng nhiệt của một bộ thu nhiệt loại tấm phẳng

Phương trình Hottel- Whilier- Bliss:

$$\mathbf{Q_{out} = A\ F'\ [\ \gamma\ .\ q_{in} - U\ (T_f - T_a)\ ]} \qquad \text{(Pt.7.1)}$$

với F' = hiệu suất hiệu dụng bộ thu nhiệt.

Thiết kế tốt F' ≈ 1; thông thường F' = 0,87 – 0.90

T_f = nhiệt độ lưu chất

Pt.7.1 có thể viết lại theo *nhiệt độ đầu vào* của lưu chất T_{in} và F_R, như sau:

$$Q_{out} = A\ F_R\ [\ \gamma\ q_{in} - U\ (T_{in} - T_a)\ ] \qquad \text{(Pt.7.2)}$$

Đây là phương trình cơ bản cần nhớ.

Gọi F_R = hiệu suất thoát nhiệt (*heat removal factor*), là tỷ số giữa nhiệt mà lưu chất nhận được khi chảy từ đầu vào đến đầu ra, so với nhiệt tấm hấp thụ nhận được trong cùng thời gian.

$$F_R = \frac{\dot{M}\,c}{AU}\left(1 - e^{-F'/(\frac{\dot{M}\,c}{AU})}\right) \qquad \text{(Pt.7.3)}$$

Gọi η = hiệu suất bộ thu nhiệt = $\frac{q_{out}}{q_{in}} = \frac{q_{ra}}{q_{vào}}$

Vì: $Q_{out} = \dot{M}\ c\ (T_{out} - T_{in})$ và thế vào Pt.7.2

$$\boxed{\eta = F_R \left(\gamma - \frac{U\,(T_{in} - T_a)}{q_{in}} \right)} \qquad \text{(Pt.7.4)}$$

7.5.6 Ví dụ bằng số: Bộ đun nước nóng

Biết : $q_{in} = 510$ W/m^2 ; $A = 2$ m^2 ; $U = 5{,}5$ W/ (m^2 K)

$T_a = 25\ ^oC$; $T_{in} = 32\ ^oC$; $c = 4184$ J/(kgK) ;

$G = 0{,}01$ kg/s /m^2 ; $\dot{M} = G.A = 0{,}02$ kg s^{-1}

Tính: Hiệu suất bộ thu nhiệt, và nhiệt độ đầu ra của chất lỏng.

Giải: Ước lượng $\gamma = (\tau\alpha)_{TB} \approx 0{,}70$, và $F' = 0{,}90$

Tính F_R. Từ Pt.7.3, tính được $F_R = [G\ c / U\ ]\ [1 - e^{-F'\ U/\ (G\ c)}\ ] = 0{,}849$

Tính Q_{out}. Từ Pt.7.2, tính được:

$Q_{out} = A\ F_R\ [\ \gamma\ .\ q_{in} - U\ (T_{in} - T_a)\ ] = 540{,}7$ W (cho 2 m^2)

➔ $q_{out} = Q_{out} / A = 270{,}3$ W/m^2

➔ Hiệu suất $\eta = q_{out} / q_{in} = 270{,}3 / 510 * 100 =$ **53,0 %**

Nhiệt độ đầu ra của chất lỏng T_{out}, tính từ $Q_{out} = \dot{M}\ c\ (T_{out} - T_{in})$:

➔ $T_{out} = 38{,}5\ ^oC$

7.6 NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI ĐỂ ĐUN NƯỚC NÓNG

Đun nước nóng là áp dụng nhiệt rộng rãi nhất của NLMT. Ở các nước Âu Mỹ, nhiệt độ ngoài trời thường từ -10 ^oC (âm) đến +20^oC, nên nước nóng là nhu cầu thiết yếu cho tắm rửa. Nước nóng qua bộ trao đổi nhiệt cũng có thể dùng sưởi nóng nhà.

Ở Việt Nam, nước nóng để tắm ở vùng nông thôn nhất là các tỉnh phía Nam chưa là vấn đề lớn. Nhưng ở các Thành phố, với mức sống cao hơn, nước nóng cũng thành nhu cầu như máy điều hòa không khí. Theo một ước tính (N.T.Bảo 2003) TP Hồ Chí Minh có ≈100 000 bình nước nóng bằng điện. Nếu tính tiếp: Tổng công suất các bình này là 100 000 kW; mỗi ngày dùng

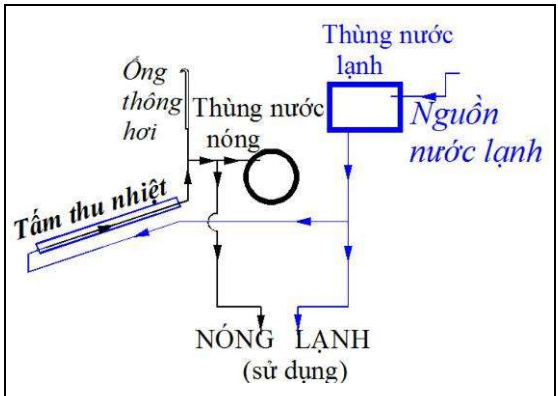
½ giờ, vậy tiêu thụ 50 000 kWh. Cứ 1 Lít dầu FO cho được 3 kWh điện, vậy cần 16 700 Lít hay khoảng 13 tấn dầu FO mỗi năm, trị giá khoảng 160 triệu đồng/ngày. Mỗi năm 60 tỷ đồng, khoảng 3 triệu USD. Chưa kể hàng ngàn tấn CO_2 thải vào khí quyển mỗi năm. Vì thế, năm 2008, TP Hồ Chí Minh đã hỗ trợ 1 triệu đồng cho người mua "máy" nước nóng NLMT.

Cần nước nóng cho rất nhiều việc khác trong sản xuất, ví dụ tẩy trùng quần áo dụng cụ trong bệnh viện, thanh trùng trong chế biến thực phẩm, nấu nướng trong các quán ăn…

Giả sử các áp dụng trên cần nhiệt độ 95 ^oC. Nếu nhiệt độ môi trường là 30 ^oC và NLMT nung lên đến 75 ^oC, thì đóng góp được (75 –30) / (90 –30) = 75% năng lượng cần thiết, một tiết kiệm khá lớn.

7.6.1 Các loại thiết bị NLMT đun nước nóng

Phân loại theo nơi trữ nhiệt: Loại "một khối": đơn giản, hấp thu nhiệt và trữ nhiệt tại một thùng. Loại "hai khối": hấp thu nhiệt và trữ nhiệt ở 2 nơi riêng; dùng hiệu ứng "si-phông" nhiệt để di chuyển nước; khả năng trữ nhiệt tốt hơn loại một khối.



Hình 7.24. Bộ đun nước nóng NLMT

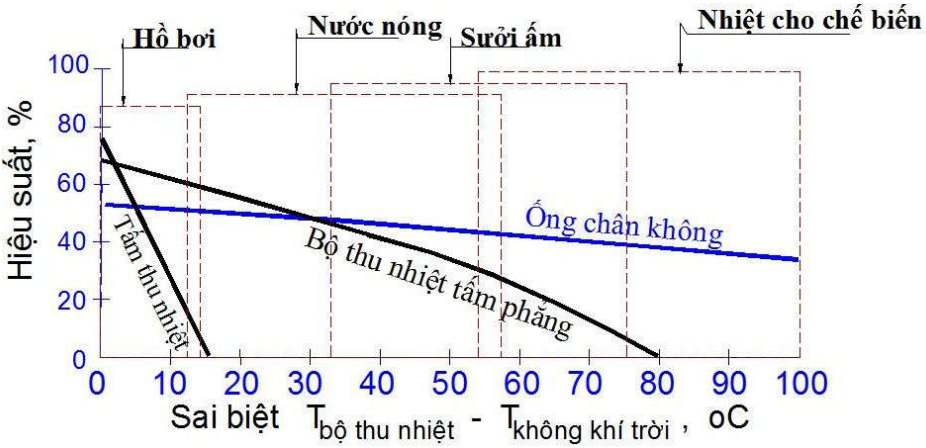
Phân loại theo mặt thu nhiệt:

Hai loại: mặt thu tấm phẳng, và mặt thu ống chân không.

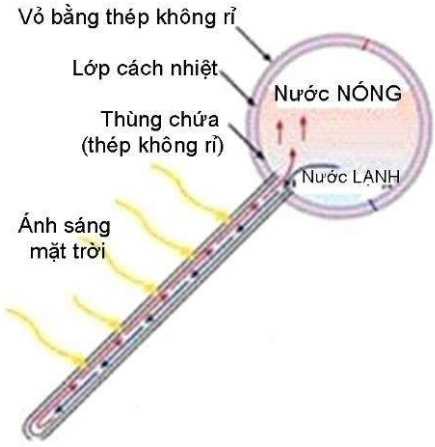
Hình 7.25. Ống chân không

Bộ thu ống chân không (*evacuated tubes*). Đây là kỹ thuật mới có từ khoảng 1970. Ống gồm 2 trụ thủy tinh, kích thước tiêu biểu ϕ58/ϕ47 mm, dài 1,8 m. Khoảng trống giữa hai ống trụ kính là chân không, trị số khoảng 0,005 Pa. (Hình 7.25). Vòng trụ trong phủ lớp sơn đen đặc biệt để hấp thu nhiệt. Do chân không cách nhiệt tốt, vòng trụ

trong có thể nóng đến 70- 100 ^{o}C, nhưng vòng trụ ngoài vẫn sờ tay được. Hệ số truyền nhiệt khá nhỏ 0,6- 0,8 W m^{2} K^{-1} (thấp hơn nhiều so với tấm phẳng 5 W m^{2} K^{-1}). Đây là ưu điểm chính: ít bị mất nhiệt khi trời nắng yếu, vẫn tích tụ nhiệt được (Vận dụng công thức Pt.2 Mục 7.5.5). Ví dụ ở Đà Lạt trước đây khó áp dụng bộ đun nước nóng tấm phẳng, nay đã xuất hiện nhiều bộ thu ống chân không .



Hình 7.26. Đặc tính các bộ thu nhiệt (với bức xạ 500 W/m^{2}) và phạm vi sử dụng



Hình 7.27. Bộ thu nhiệt ống chân không

Dù được tìm ra ở Phương Tây, ống chân không được phát triển mạnh nhất ở Trung Quốc, được sản xuất với sản lượng lớn, hiệu suất cao, chất lượng chế tạo chấp nhận được, và đặc biệt giá thành thấp hơn nhiều so với các thiết bị Âu Mỹ. Việt Nam trong 10 năm qua đã ứng dụng nhiều "máy" nước nóng NLMT cũng nhờ sử dụng các thiết bị này.

7.6.2 Ước tính nhanh diện tích bộ thu nhiệt

Tính toán cân đối cung cầu về lượng nhiệt:

CẦU, kJ =
[*số nước sử dụng*, kg] *[*nhiệt dung*, kJ kg^{-1} $^oC^{-1}$)] *[*nhiệt độ cần tăng*, ^oC]

CUNG, kJ =
[*nhật xạ*, kJ m^{-2} $ngày^{-1}$] * [*hiệu suất* 0,3- 0,45] * [*diện tích thu nhiệt*, m^2]

Các thiết bị cho hộ gia đình khoảng 200 Lít (200 kg). Nhiệt độ đạt được 50 – 68 ^oC. Ước lượng nhật xạ, từ đó tính ra được diện tích bộ thu nhiệt.

7.7 NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI ĐUN NÓNG KHÔNG KHÍ

Áp dụng chủ yếu NLMT đun nóng không khí là sấy nông sản. Áp dụng khác ở các xứ lạnh Âu Mỹ là sưởi ấm nhà. Có các loại bộ thu nhiệt nung nóng không khí sau:

7.7.1 Bộ thu nhiệt loại tấm phẳng

(a): Chỉ có tấm hấp thu (Hình 7.28a)

(b): Có lớp phủ trong suốt (kính hoặc nhựa trong) (Hình 7.28b)

(c): Có lớp phủ trong suốt + Lớp không khí đứng yên (Hình 7.28c)

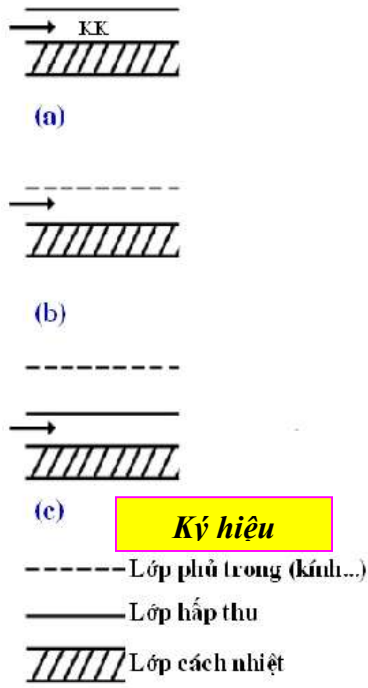
Theo thứ tự từ (a) đến (c), hiệu suất tăng, nhưng giá thành cũng tăng.

Các tấm phẳng này được lắp trên mái nhà, nhìn về hướng Nam, với góc nghiêng bằng góc vĩ độ; thực tế có thể lệch chút ít, mà không hao phí bức xạ nhiều:

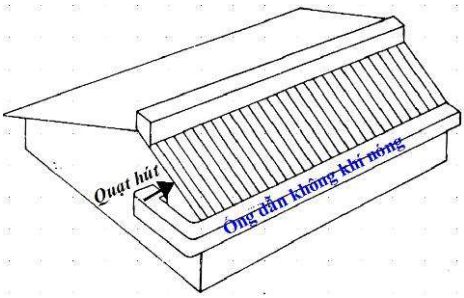
Góc nhìn hướng Nam ± 20°

Góc vĩ độ ± 15°

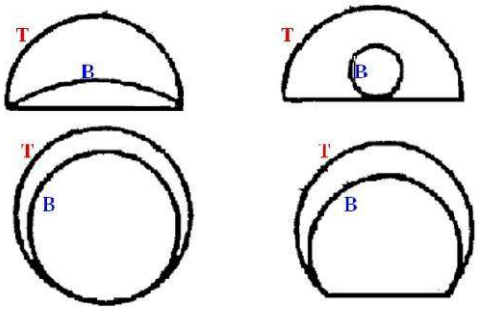
Bộ thu tấm phẳng cũng có thể tích hợp với mái nhà (Hình 7.29).



Hình 7.28. Tấm thu nhiệt loại tấm phẳng



Hình 7.29. Bộ thu nhiệt tích hợp với mái nhà



Hình 7.30. Bộ thu nhiệt Loại ống dài
T: lớp trong suốt. B: lớp hấp thu

7.7.2 Bộ thu nhiệt loại ống dài

Thường bằng plastic (Hình 7.30) có 2 lớp: lớp trong suốt ở ngoài, và lớp hấp thu nhiệt ở trong.

Ưu điểm: Đơn giản, dễ chế tạo; giá rẻ; dễ xếp gọn khi không dùng.

Nhược điểm: Plastic loại thường bị "lão hóa" sau vài tháng. Nếu chọn loại "tốt" chống được tia cực tím UV, giá thành tăng nhiều.

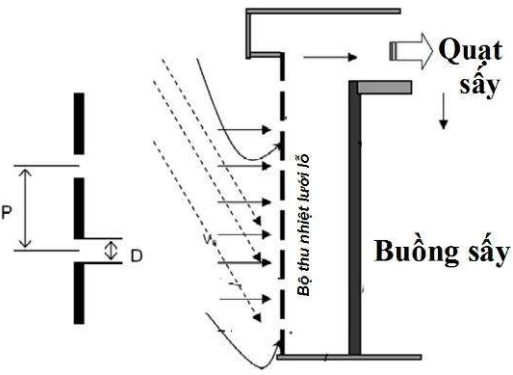
7.7.3 Bộ thu tích hợp với trữ nhiệt

Bộ phận trữ nhiệt là khối đá sỏi, ghép nối tiếp với bộ thu nhiệt. Thực tế cũng không hiệu quả lắm, vì lưu lượng không khí khá lớn so với khả năng trữ nhiệt.

7.7.4 Bộ thu lưới lỗ thẳng đứng

Cấu tạo gồm tấm lưới lỗ và mặt đen thẳng đứng (Hình 7.31). Một kết cấu để sấy ≈ 10 kg cá (Biona và ctv. 2003):

Kích thước tấm lỗ 1,84m * 1,22 m; lỗ ϕ1,0- 3,0 mm; bước lỗ 5- 25 mm; khoảng cách giữa tấm lỗ và vách đứng: 50– 130 mm; lượng gió 0,001344 kg/s ≈ 4,8 m^3/h .



Hình 7.31. Bộ thu lưới lỗ thẳng đứng

7.8 VÀI VÍ DỤ / VẤN ĐỀ SẤY BẰNG NLMT

Cần tạm thống nhất về định nghĩa:

Máy sấy NLMT: Thiết bị cơ khí, có động cơ, và bộ phận gì đó quay quay, ví dụ quạt không khí.

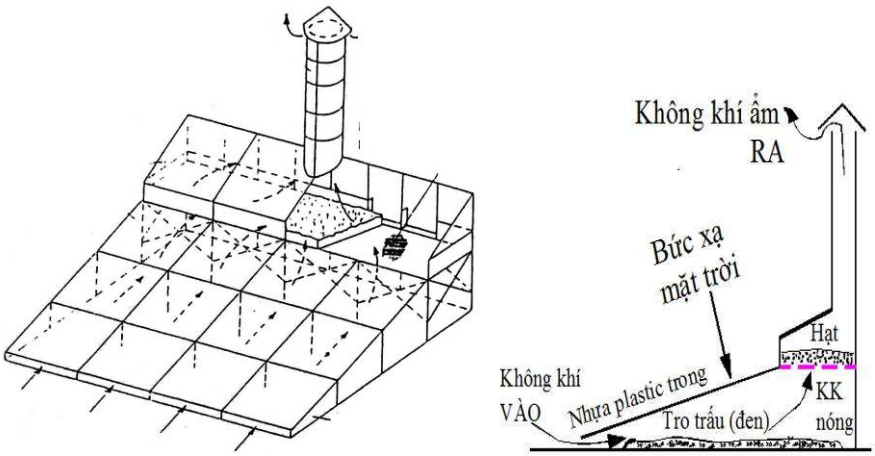
Lò sấy NLMT: Công cụ làm khô sản phẩm, dựa trên không khí đối lưu tự nhiên, không có động cơ. Nếu gọi "máy sấy", nên để trong dấu nháy kép.

Hơn 50 năm qua, đã có hàng trăm mẫu mã, kết quả của rất nhiều nghiên cứu tiêu tốn hàng triệu đô-la nghiên cứu, nhưng kết quả ứng dụng gần như bằng zero. Bài này giới thiệu các "máy sấy" này để biết. Các nghiên cứu mới không nên đi vào vết xe cũ.

7.8.1 Các lò sấy (đối lưu tự nhiên)

Lò sấy lúa AIT

Do Giáo sư Exell ở AIT (Viện Công nghệ Á châu) thiết kế vào khoảng cuối thập niên 1980 (Hình 7.32). Bộ thu nhiệt là tấm nhựa polyethylene, với mặt đen hấp thu nhiệt là lớp tro trấu để giảm chi phí. Diện tích bộ thu 50 m^2 ứng với buồng sấy chứa 500 kg lúa. Không khí đối lưu tự nhiên nhờ tác dụng của "ống khói".



Hình 7.32. Lò sấy lúa AIT (Exell. 1993)

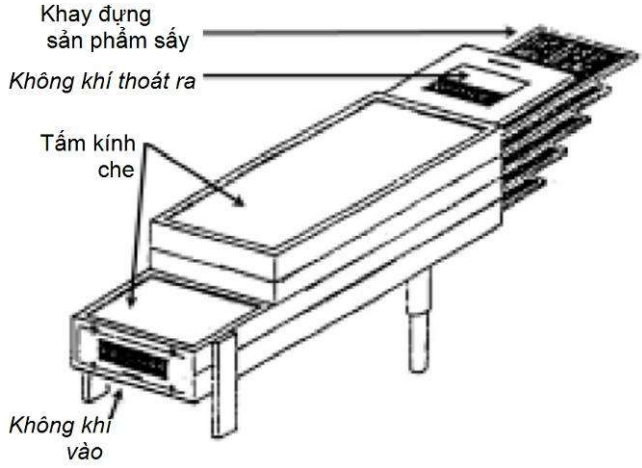
Hai loại lò sấy NLMT khác

Hai loại lò sấy và máy sấy được thử nghiệm (Green và Schwarz 2001) với các đặc tính ghi ở Bảng 7.4, và các Hình 7.33 và 7.34.

Hình 7.33. Lò sấy PGCP Coconut

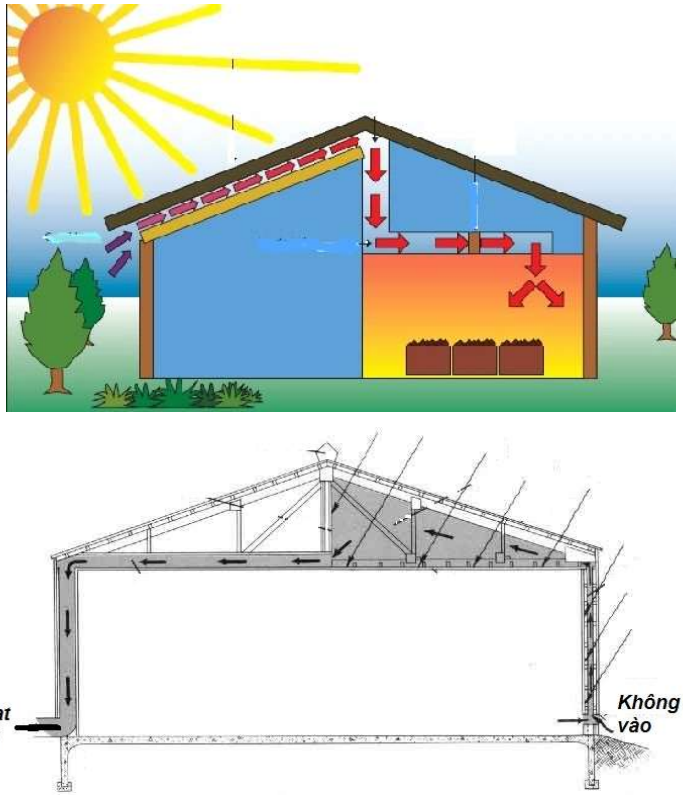
Bảng 7.4. Hai loại lò sấy năng lượng mặt trời (Green và Schwarz 2001)

Loại	**Lò sấy PGCP Coconut**	**Lò sấy Kenya Black Box**
Đầu tư	15 USD	400 USD
Diện tích khay sấy	7 m^2 = 4,5*1,6 m	5 m^2 =3 lớp * 2 m *0,8 m
Sức chứa	200 trái dừa	15 kg xoài (xắt 1 mm)
Thời gian sấy *(so với Phơi)*	4- 5 ngày *(5- 7 ngày)*	1 ngày
Chất lượng sấy *(so với Phơi)*	Hơn phơi một tí: 50 % trắng *20 % trắng)*	Hơn phơi



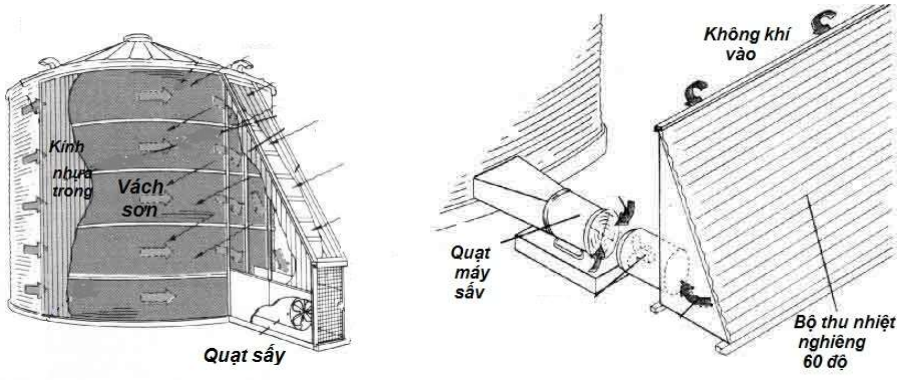
Hình7.34. Lò sấy "Kenya Black Box"

7.8.2 Các máy sấy NLMT



Hình 7.35. Máy sấy NLMT, với bộ thu nhiệt tích hợp với mái nhà

Ví dụ ở Indonesia: Máy sấy lúa 10 tấn /mẻ 40 h. Hạ ẩm độ 25 xuống 15 %.

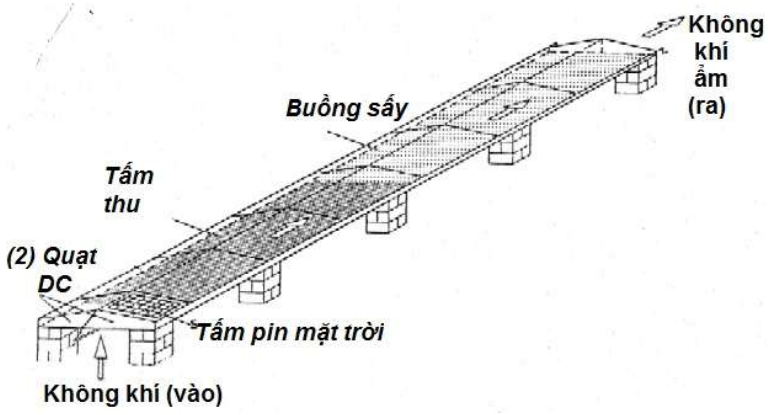


(a) **(b)**

Hình 7.36. Các bố trí bộ thu nhiệt máy sấy hạt NLMT:
(a) quanh silo sấy; (b) trước máy sấy

7.8.3 Máy sấy hầm Hohenheim

Thiết kế từ Đại học Hohenheim, CHLB Đức (Hình 7.37). Máy dùng 3 quạt từ điện mặt trời 20- 40 W; kích thước máy 18 m dài * 2 m rộng * 1 m cao; bộ thu nhiệt dài 8 m (có lớp đen hấp thu nhiệt) nối tiếp với buồng sấy dài 10 m (có phủ lớp nhựa PE). Nhiệt độ không khí sấy đạt 30-80 ^{o}C. Có thể chứa 30 kg dược thảo, hoặc 500 kg lúa, hoặc 30 kg ớt (thí nghiệm ở Thái Lan). Thời gian sấy ớt 2 ngày, so với phơi 3- 4 ngày. Chất lượng sấy rất tốt. Có khoảng vài trăm máy được áp dụng ở Vùng Địa Trung Hải để sấy nho, chà là v.v Nhưng áp dụng ở Á Châu (Bangladesh, Thái Lan, Việt Nam v.v) bị hạn chế vi đầu tư cao (khoảng 2000 – 5000 USD) so với năng suất sấy. Ví dụ ở Việt Nam cần giải quyết sấy chục tấn lúa hoặc vải thiều mỗi ngày, mà máy chỉ được vài chục hoặc vài trăm kg, và kéo dài ít nhất 2 ngày.



(Đức)

(Lục Ngạn, Việt Nam)

Hình 7.37. Máy sấy hầm Hohenheim (Ảnh: P.H.Hiền)

7.8.4 Tóm tắt: Vấn đề sấy bằng năng lượng mặt trời

Vấn đề:

1) NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI MIỄN PHÍ, NHƯNG KHÔNG RẺ

SOLAR ENERGY IS FREE, BUT NOT CHEAP

2) "Khi cần không có, khi có không cần"

⇒ ***Sấy phụ thêm bằng NLMT (Solar-assisted drying)*** = từ khóa sau kinh nghiệm mấy chục năm nghiên cứu của hàng chục nước trong lĩnh vực sấy (Canada, Đức, Pháp, Ấn Độ v.v) sau khi tiêu tốn mấy chục triệu USD.

7.8.5 Máy sấy NLMT từ Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

Rút kinh nghiệm, đi theo hướng máy sấy (không phải "lò sấy") và coi NLMT như nguồn nhiệt hỗ trợ, các nghiên cứu sấy NLMT ở Trường Đại học Nông Lâm TP Hồ Chí Minh đã đạt một số kết quả bước đầu khá tốt.

Mô hình máy sấy cá NLMT (5 kg/mẻ)

Hình 7.38. Mô hình sấy cá NLMT

Bộ thu nhiệt plastic dạng ống đứng, kích thước ϕ1,2 m x 2 m cao.

Quạt 12 W hút không khí nóng từ bộ thu nhiệt và thổi vào thùng chứa có nhiều khay. Thí nghiệm với 6 kg cá tươi: Sấy trong 20 h (02 ngày nắng); ẩm độ đầu 69,6%; ẩm độ cuối 19,7% (Hình 7.38 và 7.39). Năng lượng điện tiêu thụ 0,25 kWh cho mẻ sấy.

Hình 7.39. Các sản phẩm sấy: cá; cà-rốt

Máy sấy nui (macaroni) NLMT, 500 kg/mẻ

Trước đó, cơ sở sản xuất sấy nui với than đá, đốt 5 kg/giờ hay 25 kg than đá cho mẻ sấy 5 giờ, hạ ẩm độ nui từ 39% xuống 9%.

Lò than được thay bằng bộ thu nhiệt NLMT làm từ ống nhựa polyethylene và được lắp trên mái nhà (Hình 7.40). Nhiệt trong ống được quạt hút đưa vào buồng sấy.

Thí nghiệm sấy (th.3- 2006), với bức xạ 500- 900 W/m^2 (trung bình 680 W/m^2) từ 10 h sáng đến 17 h trong ngày, nhiệt độ sấy đạt 37-52 ^{o}C, nâng nhiệt độ khí trời tăng trung bình 14 ^{o}C. Ước tính công suất bộ thu nhiệt NLMT từ nhiệt (tương đương lò than đá 5 kg/h) khoảng 44 kW. Từ đó, suy ra hiệu suất thu nhiệt NLMT khoảng 40%.

Hình 7.40. Máy sấy NUI năng lượng mặt trời

Tháng 6- 2006, vào các ngày có mưa, vẫn sấy hoàn toàn bằng NLMT, tuy thời gian sấy kéo dài hơn, đến 6- 7 giờ.

Nhược điểm: Nhựa PE (loại thông thường) mau bị lão hóa, chỉ 4- 6 tháng, dễ bị hư do gió bão vì để trên mái nhà. Cần sử dụng loại plastics chịu được tia tử ngoại (*UV*) để có tuổi thọ ít nhất 3 năm.

Sấy lúa Đông-Xuân

Dùng với một máy sấy vỉ ngang 4 tấn/mẻ, loại có đảo gió (Hình 7.41), lưu lượng quạt 4 m^3/s . Thay lò đốt than đá bằng bộ thu nhiệt NLMT, gồm 2 ống nhưa PE ϕ1.0 m, dài 27 m. Thí nghiệm năm 2007 với 4 mẻ sấy, NLMT thay thế được 50- 80 % than đá (tương đương 50 000- 80 000 đ/mẻ (Giá than 2200 đ/kg năm 2007, hiện nay 5500 đ/kg).

Hình 7.41. Máy sấy lúa hỗ trợ NLMT, sấy lúa Đông Xuân 2007, 4 tấn /mẻ

7.9 BỘ THU NHIỆT TẬP TRUNG

7.9.1 Đặc điểm và ưu điểm

Bộ thu nhiệt loại này tập trung tia mặt trời vào một điểm, bằng gương lõm, mặt parabol, hoặc thấu kính. Do hấp thu nhiệt tập trung, đạt nhiệt độ cao, có thể đến 100- 500 ^oC. Như vậy, ưu điểm là với nhiệt độ cao, có khả năng sử dụng cho tua-bin và động cơ, biến nhiệt năng thành cơ năng. Nếu chỉ sử dụng để trữ nhiệt, thiết bị cũng gọn hơn so với trữ ở nhiệt độ dưới 100 ^oC.

7.9.2 Nhược điểm và vấn đề của bộ thu nhiệt tập trung

- Chỉ dùng trực xạ (phần hấp thu tán xạ không đáng kể).
- Cần bộ phận định hướng và chuyển hướng theo mặt trời (solar tracking).
- Vấn đề chăm sóc thiết bị nhiệt độ cao phức tạp hơn.

7.9.3 Các định nghĩa

Độ mở (Khẩu độ = aperture)

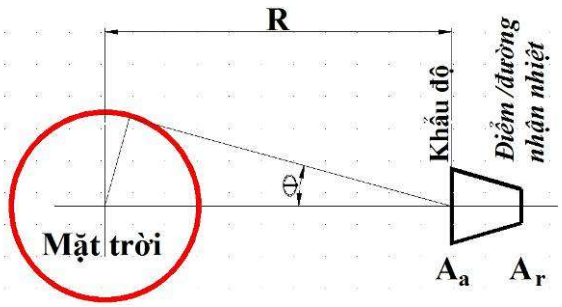
Độ mở A_a là diện tích hứng tia bức xạ: (Hình 7.42)

Với parabol trụ: $A_a = W\ L$,

(W và L là chiều rộng và chiều dài của mặt phẳng trước parabol)

Với parabol cầu: $A_a = \pi D^2 /4$, (D là đường kính mặt parabol).

Tỷ suất tập trung C_R (Area concentration ratio)



Hình 7.42. Các định nghĩa

$$C_R = \frac{\text{Diện tích mặt nhận } A_a}{\text{Diện tích mặt tiêu điểm } A_r}$$

với: A_r là diện tích mặt tiêu điểm tập trung thu nhiệt.

$A_r = \pi D_o L$ với ống hình trụ

(D_o: đường kính ngoài của ống. L: chiều dài ống)

C_R = 8 - 80 với các máng thu parabol,

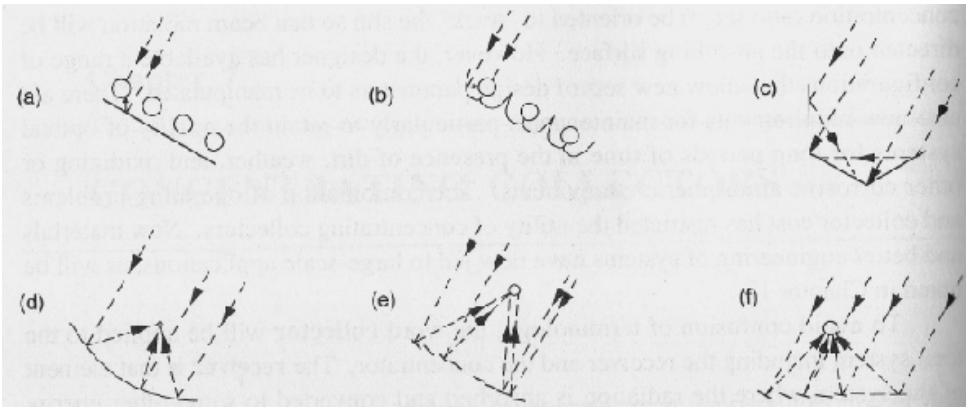
(so sánh C_R = 1 với bộ thu tấm phẳng ở Mục 7.5).

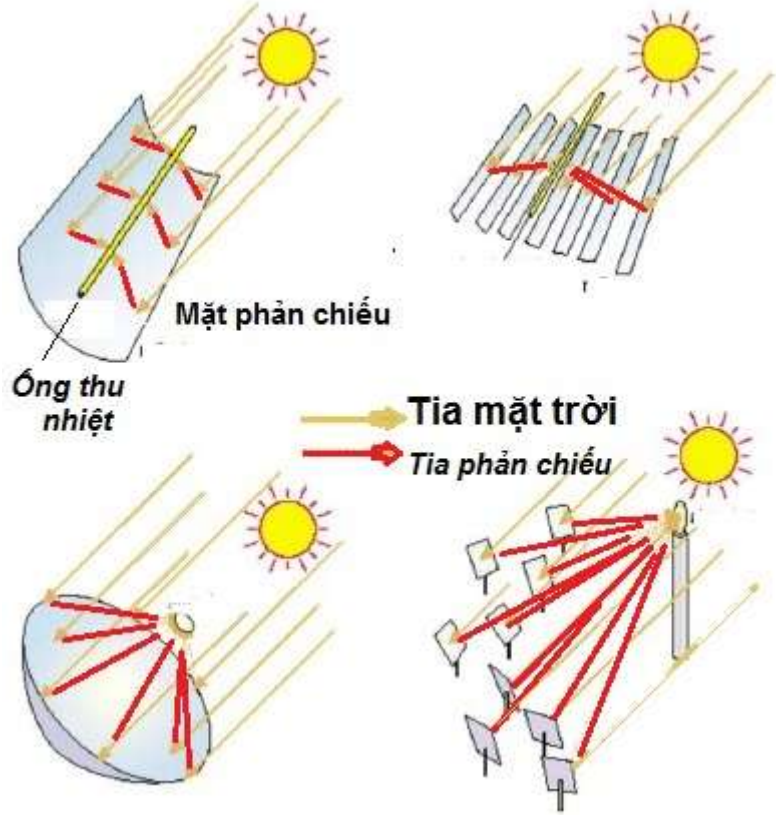
Góc nhận 2θ (*acceptance angle*)

Góc nhận 2θ là góc bao mà tia mặt trời đến mặt bộ thu nhiệt (Hình 7.42).

7.9.4 Các loại bộ thu nhiệt tập trung

Hình 7.43 cho thấy sự đa dạng kết cấu của bộ thu nhiệt tập trung; có thể chia ra 3 dạng: phẳng, parabol tròn, parabol trụ.

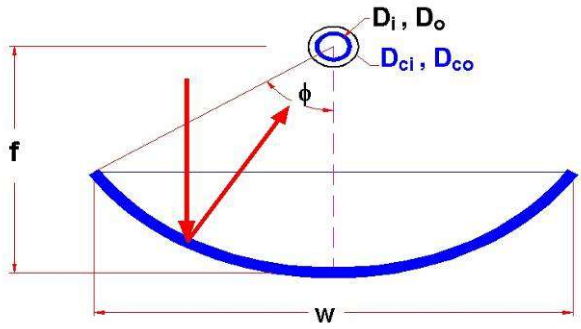




Hình 7.43. Các sơ đồ và kết cấu bộ thu nhiệt tập trung

7.9.5 Bộ thu nhiệt dạng parabol trụ

Dạng và kích thước của bộ thu nhiệt parabol trụ ghi ở Hình 7.44.



Hình 7.44. Bộ thu nhiệt dạng parabol trụ

$y^2 = 2\,f\,w$ với f = khoảng cách từ đáy đến tiêu điểm,

w = bề rộng máng parabol.

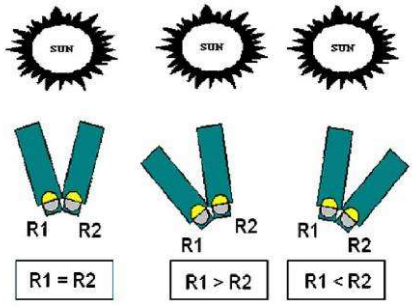
D_i, D_o : Đường kính trong /ngoài của ống dẫn lưu chất.

D_{ci}, D_{co} : Đường kính trong /ngoài của ống bao che trong suốt.

7.9.6 Bộ phận định hướng theo mặt trời (*solar tracking*)

Mục đích để chùm tia tới gần thẳng góc nhất với mặt bộ thu nhiệt. Có nhiều cách, ví dụ:

- Trục tiêu điểm nằm ngang, hướng Đông Tây, quay quanh hướng này.
- Trục tiêu nằm ngang, hướng Bắc Nam, quay quanh hướng Bắc Nam.



Hình 7.45. Một nguyên lý cảm biến cho bộ phận định hướng theo mặt trời

Mạch điện tử nhận tín hiệu từ các đầu cảm biến, xử lý tín hiệu, và chuyển đến rơ-le điều khiển động cơ xoay bộ thu nhiệt theo hướng mặt trời. Ví dụ tín hiệu từ hai điện trở cảm quang R1 và R2. Nếu cả hai trùng với tia tới, thì R1 = R2 (Hình 7.45). Nếu khác nhau, chênh lệch điện trở là tín hiệu được xử lý.

7.9.7 Hiệu suất bộ thu nhiệt dạng parabol trụ

Q = công suất nhiệt, tính trên toàn mặt thu nhiệt,	W
q_{in} = bức xạ mặt trời đến với mặt thu nhiệt,	W/m^2
$(\tau\alpha)_{TB}$ = hiệu suất quang học,	---
$S = \gamma . q_{in} = (\tau\alpha)_{TB} * q_{in}$ = bức xạ được mặt đen hấp thu	W/m^2
Nếu q_{in} là tổng xạ, lấy $\gamma = (\tau\alpha)_{TB} \approx 0,6$	
Nếu q_{in} là trực xạ, lấy $\gamma = (\tau\alpha)_{TB} \approx 0,7$	
Az = góc phương vị	
F' = hiệu suất hiệu dụng bộ thu nhiệt; thường F' = 0,90 – 0.93	---
U = hệ số tổn thất nhiệt chung giữa bộ thu và môi trường,	$W/(m^2 K)$
T_a = nhiệt độ môi trường (không khí),	^oC hoặc K
D_i = đường kính trong của ống hấp thu (Hình 7.44)	m
D_o = đường kính ngoài của ống hấp thu	m
D_{Ci} = đường kính trong của ống kính che	m
D_{Co} = đường kính ngoài của ống kính che	m
W = bề rộng mở của bộ thu nhiệt	m
L = chiều dài của bộ thu nhiệt	m
T_{in} = nhiệt độ lưu chất đầu Vào,	^oC hoặc K
T_{out} = nhiệt độ lưu chất đầu Ra,	^oC hoặc K
$\dot{m}$ = lưu lượng khối lưu chất,	kg /s
(Trong bảng tính Excel, có thể thay bằng **M** để dễ đánh máy),	
c = nhiệt dung lưu chất, với nước c = 4184 $J\ kg^{-1}\ K^{-1}$	$J\ kg^{-1}\ K^{-1}$

Tỷ suất tập trung C_R = Diện tích mặt nhận / Diện tích mặt tiêu điểm

$= [(W - D_o) L] / (\pi D_o L)$

$= (W - D_o) / (\pi D_o)$

Phân tích tương tự như bộ thu nhiệt tấm phẳng, thu được các công thức:

$$Q_{out} = F_R\,(W - D_o)L\left(S - \frac{U}{C_R}(T_i - T_a)\right)$$

trong đó: $F_R = \dfrac{\dot{m}c}{\pi D_o L U}\left\{1 - e^{-F'/(\frac{mc}{\pi D_o L U})}\right\} = h\,(1 - e^{-F'/h})$

với: $h = \dfrac{\dot{m}c}{\pi D_o L U}$ = hiệu suất thoát nhiệt (*heat removal factor*)

Hiệu suất bộ thu nhiệt: $\eta = \dfrac{Q_{out}}{Q_{in}} = \dfrac{Q_{out}}{q_{in}\,W\,L}$

Nhiệt độ đầu ra của chất lỏng T_{out}, tính từ $Q_{out} = \dot{m}\,c\,(T_{out} - T_{in})$

7.9.8 Hệ số tổn thất nhiệt chung U

U là hàm số của các hệ số truyền nhiệt, tốc độ gió…

Công thức thực nghiệm:

$U = f(D_o, D_{Co}, D_{Ci}, T_c, T_a, T_{pTB}…)$

Trị số của U thường trong khoảng 6- 12 W m^{-2} K^{-1}

7.9.9 Ví dụ tính thiết bị thu nhiệt parabol trụ

Địa điểm : Vĩ độ 19,12^o. Thời gian : ngày 15 th.4, lúc 12h30.

Trực xạ: q_b = 705 W/m^2 . Tổng bức xạ: q_g = 949 W/m^2

Parabol trụ: Khẩu độ W = 1,250 m; Dài L = 3,657 m.

Ống hấp thu: D_i = 38,1 mm; D_o = 41,35 mm.

Ống bao: D_{Ci} = 56 mm; D_{Co} = 63 mm.

Nhiệt độ môi trường T_a = 31,9 ^{o}C. Nhiệt độ đầu vào T_{in} = 150 ^{o}C.

Lưu lượng chất tải nhiệt: $\dot{m}$ = 0,0986 kg/s.

Nhiệt dung (ở 150 ^{o}C): c = 2449 kg^{-1} K^{-1}

TÍNH: Hiệu suất, và nhiệt độ đầu ra của bộ thu nhiệt.

GIẢI:

Bức xạ hấp thụ: $S = 0,7 * Q_{in_trực\ xạ} = 0.7 * 705 = 493\ W/m^2$.

Tính theo các công thức ở Mục 8.9.7 trên:

$h = (m\ c) / (\pi.\ D_o\ L\ U) = 42,358$; $F_R = 0,891$; $Q_{out} = 1342,9$ W.

Nếu chỉ tính trực xạ: $Q_{in} = q_b\ W\ L = 3222,7$ W. ➔ Hiệu suất $\eta = 41,7\%$

Nếu tính tổng xạ: $Q_{in} = qg\ W\ L = 4338,1$ W. ➔ Hiệu suất $\eta = 31,0\%$

Nhiệt độ đầu ra: $T_{out} = 155,6\ ^oC$.

7.10 THÁP MẶT TRỜI CHO NHÀ MÁY PHÁT ĐIỆN

Đây là áp dụng nhiệt tập trung ở qui mô lớn:

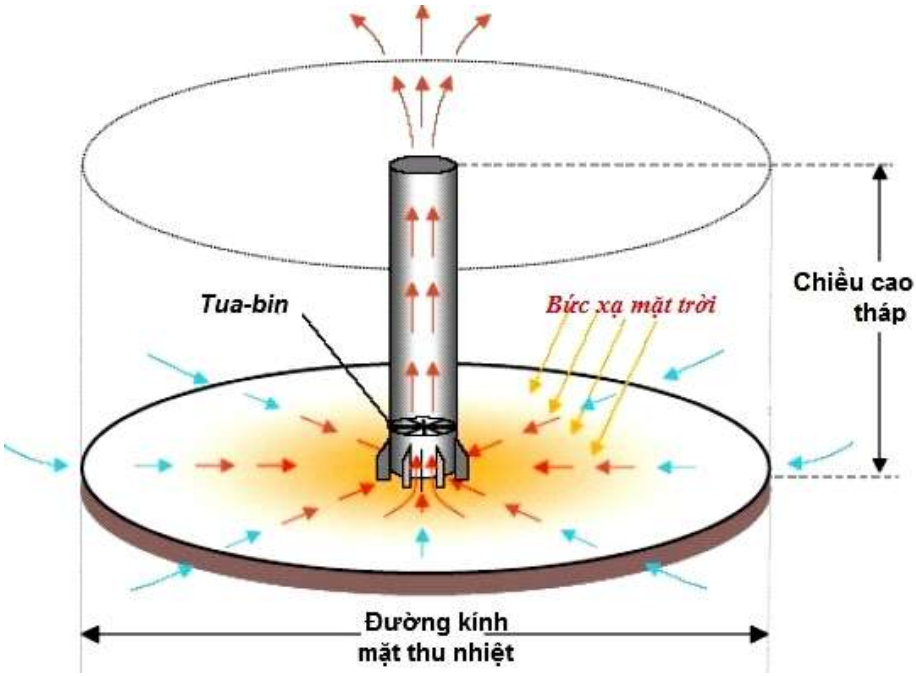
7.10.1 Lịch sử nhà máy phát điện từ nhiệt mặt trời

Nhà máy phát điện từ nhiệt mặt trời đầu tiên lắp đặt năm 1984 có công suất 14 MW, giá điện 0,25 USD/kWh. Đến 2004 tổng công suất lắp đặt khoảng 600 MW, giá điện giảm còn 0,11 USD/kWh. Dự kiến khi tổng công suất đến 2000 MW, sẽ giảm còn 0,06 USD/kWh, cạnh tranh được với điện truyền thống.

Hệ thống lớn đầu tiên 354 MW_e ở California đã hoạt động từ 1986, nhưng từ đó không phát triển thêm, chỉ khởi động lại khoảng 2005, cùng với Tây Ban Nha và Ý.

7.10.2 Nguyên lý Tháp mặt trời (*solar tower*)

Các tấm phản chiếu tia mặt trời theo 2 hướng, điều khiển bằng máy tính. Tia tập trung vào bộ nhận, muối nitrate nóng chảy thu nhiệt và nung nóng nước thành hơi nước để chạy turbin phát điện (Hình 7.46).



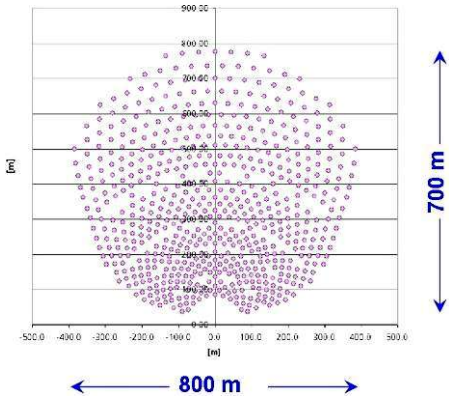
Hình 7.46. Tháp mặt trời

Số liệu với trạm 5 MW: Tháp cao 550 m; đường kính 45 m; đường kính bộ thu 1250 m. Với lượng bức xạ 2300 kWh/(m^2.năm), sản lượng điện 14 GWh hay 14000 triệu kWh mỗi năm.

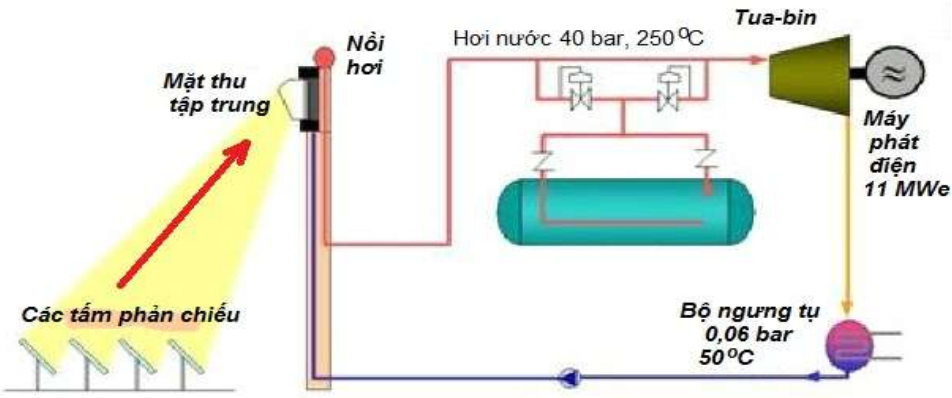
7.10.3 Tháp mặt trời "PS 10 Project" ở Tây Ban Nha

Tháp được xây dựng ở Sevilla (Tây Ban Nha), vĩ độ 37,4^o , kinh độ 6,23^o (Hình 7.47); khởi công 2004, hoàn thành 2007, với kinh phí 17 triệu euro. Tháp cao 100 m; công suất 11 MW_e. Bộ hấp thu nhiệt gồm 4 ống kích thước 5,4 m *12 m. Có 624 tấm phản chiếu, diện tích mỗi tấm 120 m^2. Nhiệt tạo hơi nước ở 40 bar và 250 ^oC để chạy turbin. Khả năng trữ nhiệt lúc trời mây mù là 20 MWh trong 50 phút, với ½ tải . Điện phát 6,3 kV /50 Hz chuyển thành 66 kV truyền tải qua đường dây cao thế. Sản lượng điện 23 GWh/năm. Mặt bằng 55 ha.

(a) Hình chụp từ trên cao



(b) Mặt bằng



(c) Sơ đồ hoạt động

Hình 7.47. Bộ thu nhiệt tập trung phát điện ở Sevilla (Tây Ban Nha)

7.10.4 Tương lai tháp mặt trời

Tiềm năng rất lớn. Ước tính chỉ cần thu từ diện tích 50 km x 50 km là đủ cho nhu cầu điện cả nước Úc.

7.11 NHIỆT TẬP TRUNG QUI MÔ NHỎ: BẾP MẶT TRỜI

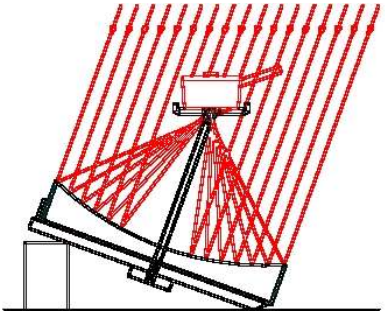
Thế giới vẫn còn hơn 2 tỷ người đang dùng củi để đun nấu bữa ăn (REN21 2015). Số này tương ứng với 20 000 km^2 rừng (2 triệu heca) bị mất mỗi năm để lấy củi đun. Nhiều người phải đi xa hàng km mới gom được củi.

Trong lúc đó, mỗi m^2 mặt đất nhận được từ mặt trời 0,7- 1 kW. Nếu hiệu suất nhiệt 50%, coi như m^2 đó tương đương bếp điện 350- 500 W. Vì vậy, vấn đề đun nấu bằng năng lượng mặt trời là bức thiết để bảo vệ nguồn vốn rừng, lá phổi của trái đất.

Hiện nay có 2 loại bếp mặt trời: loại chảo parabol và loại hộp

7.11.1 Bếp mặt trời loại chảo parabol

Ví dụ 1 m^2 chảo cho công suất 700 W, đun được 1 Lít nước trong 7- 8 phút. Nhiệt độ tại tiêu điểm đạt khoảng 420 ^oC (Hình 7.48).



Hình 7.48. Bếp mặt trời loại chảo

7.11.2 Bếp mặt trời loại hộp

Hình dạng khối hộp. Hoạt động theo nguyên lý hiệu ứng nhà kính, với tấm kính hoặc plastic đậy mặt trên (Hình 7.49). Vách hộp bằng vật liệu phản chiếu (giấy nhôm), và bọc cách nhiệt. Nhiệt độ đạt được 80- 100 ^{o}C.

Hình 7.49. Bếp mặt trời loại hộp

7.11.3 So sánh bếp chảo và bếp hộp

Bảng 7.5: Ưu / nhược điểm của hai loại bếp mặt trời

	CHẢO	**HỘP**
Ưu điểm	Nhiệt độ cao > 100 ^{o}C, nấu nhanh	Chỉ điều chỉnh 1 giờ 1 lần (ổn định)
Nhược điểm	Phải điều chỉnh góc thường xuyên theo mặt trời	Chỉ đạt nhiệt độ 80- 100 ^{o}C, nấu lâu

7.11.4 So sánh bếp năng lượng mặt trời với bếp củi

Ưu điểm: Miễn phí, không cần đi xa kiếm củi, không khói.

Nhược điểm: Không nấu được khi thiếu nắng (ban đêm, trời mây mù).

Phải điều chỉnh theo mặt trời.

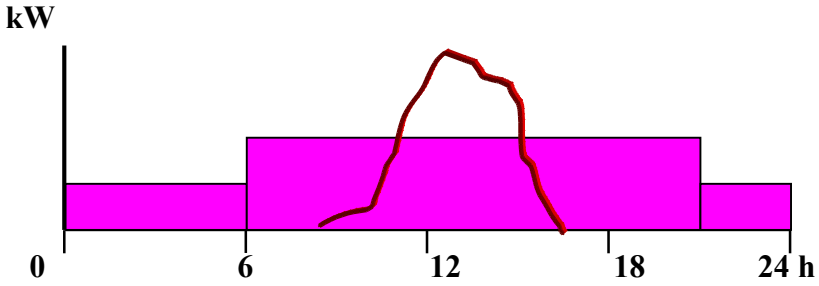
Nấu ngoài nắng (không ở trong bóng mát).

7.12 TRỮ NHIỆT MẶT TRỜI

7.12.1 Vấn đề và cách giải quyết

Ví dụ: Thiết bị đun nước nóng bằng NLMT vào ban ngày, nhưng cần tắm vào buổi tối.

Giải pháp là tạm trữ nhiệt NLMT, theo sơ đồ chung ở Hình 7.50.



Hình 7.50. Vấn đề và giải pháp trữ nhiệt NLMT

Hai phương pháp thường dùng nhất để trữ nhiệt:

- Trữ nhờ nhiệt cảm của chất rắn hoặc lỏng (*sensible heat storage*)
- Trữ nhờ nhiệt ẩn của chất lỏng (*latent heat storage*)

7.12.2 Trữ nhờ nhiệt cảm

Dùng chất rắn hoặc lỏng, không thay đổi trạng thái.

Năng lượng E trữ được, với khối lượng m: $E = m\int_{T1}^{T2} C_p \, dT$

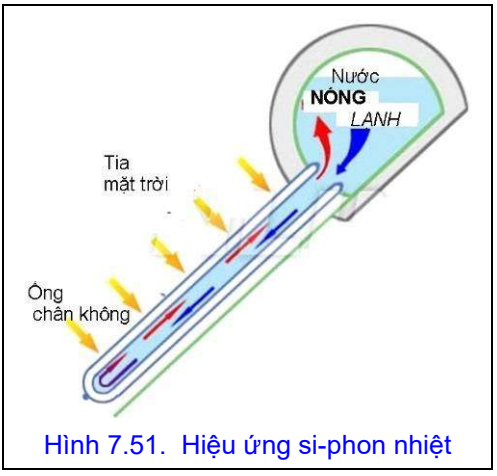
với: T: nhiệt độ (tăng từ $T1$ đến $T2$)

Cp: nhiệt dung chất trữ.

Các chất trữ nhiệt thường dùng là nước và đá cuội.

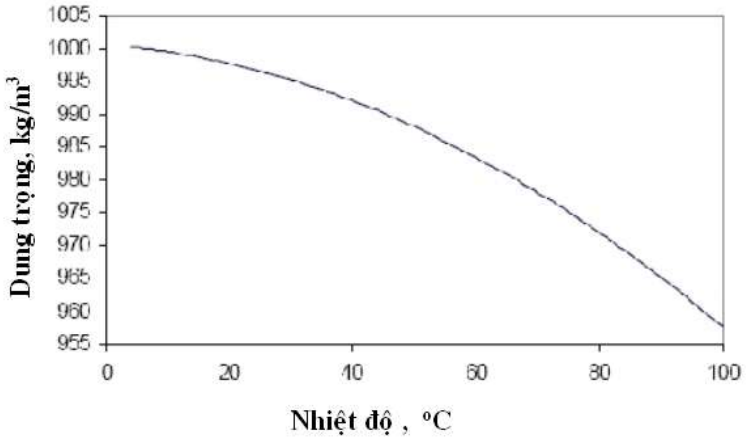
a) Nước

Dựa trên hiệu ứng si-phon nhiệt, nước nóng có dung trọng thấp hơn (Hình 7.51 và 52).



Hình 7.51. Hiệu ứng si-phon nhiệt

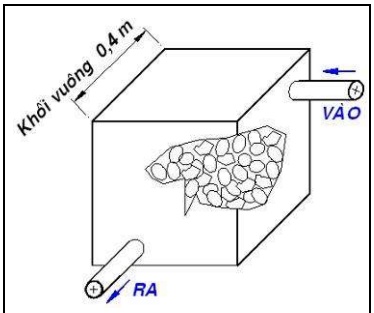
- Chỉ đạt nhiệt độ dưới 100 ^oC.
- Kinh nghiệm thiết kế: 75– 100 Lít nước /1 m^2 mặt thu nhiệt.
- Cần lớp cách nhiệt quanh bể chứa dày 0,10– 0,2 m, dù có tăng chi phí.



Hình 7.52. Thay đổi dung trọng nước theo nhiệt độ

b) Đá cuội (*pebble*)

- Kích cỡ: 10– 50 mm.
- Khá rẻ, đơn giản. Thường dùng với bộ thu nhiệt không khí (Hình 7.53).
- Cần có độ xốp, để không khí hoặc nước len qua và trao đổi nhiệt.
- Nhiệt dung đá tảng = 0,2 kcal /(kg ^oC)
  (bằng 1/5 nhiệt dung của nước)
- Khối lượng riêng = 2900 kg/m^3.
- Độ rỗng đá sỏi = 30%, và dung trọng 2000 kg/m^3.



Hình 7.53. Bộ trữ nhiệt đá cuội

Ví dụ: Khối đá 0,4 m*0,4m *0,4m trữ bao nhiêu nhiệt, nếu tăng được 10^oC?

Giải: Lượng nhiệt trữ = (0,4*0,4*0,4)m^3 *2900 kg/m^3 *0,2 kcal/(kg ^oC)
* 10 ^oC *(4,18 kJ/kcal) = 1550 kJ

7.12.3 Trữ nhờ nhiệt ẩn

Nhiệt được tích trữ nhờ vật liệu nóng chảy từ thể rắn sang thể lỏng. Khi sử dụng nhiệt, vật liệu lại chuyển trở lại thể rắn. Bảng 7.6 liệt kê vài loại vật liệu thường được sử dụng.

Bảng 7.6: Vài vật liệu trữ nhờ nhiệt ẩn

Vật liệu	Nhiệt độ nóng chảy ^oC	Ẩn nhiệt nóng chảy kJ / kg
$CaCl_2.6H_2O$	30	168
Parrafin Wax	50	210
$Mg(NO_3)_2.6H_2O$	89	167
$Na_2SO_4.10H_2O$ #	32	241
Nước đá	0	335

Còn gọi là muối Glauber (Glauber salt) theo tên người tìm ra chất này đầu tiên.

Phản ứng muối Glauber :

(Rắn)	*Tích nhiệt →*	
$\mathbf{Na_2SO_4.10\ H_2O}$	⇔	$\mathbf{Na_2SO_4}$ **+ 10** $\mathbf{H_2O}$
	←Tháo nhiệt	***(Lỏng)***

Trữ nhiệt ẩn có ưu điểm là bộ phận trữ khá gọn, nhưng bố trí phức tạp hơn.

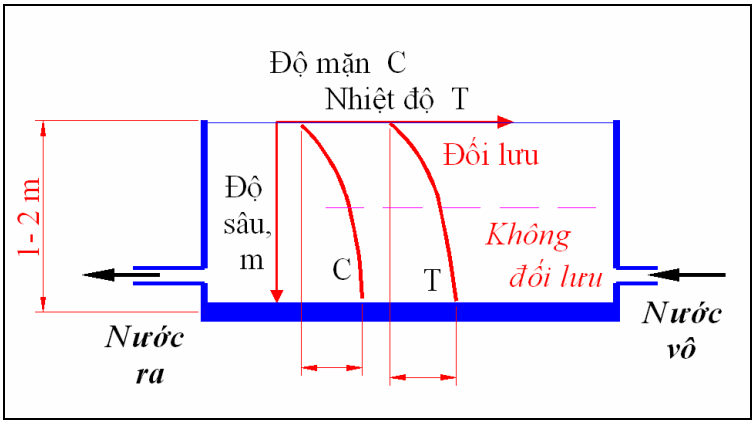
7.13 AO MẶT TRỜI (SOLAR POND)

Với ao thông thường, nước dưới đáy nếu được nung nóng, ví dụ do mặt đen của đáy, sẽ theo dòng đối lưu đi lên trên, và nhả nhiệt ra khỏi mặt nước.

Với ao mặt trời, có nồng độ muối tăng theo độ sâu, thể hiện qua dung trọng nước muối, ví dụ 1200 kg/m^3 ở đáy sâu khoảng 1,5 m và giảm dần còn 1030 kg/m^3 ở trên mặt. Mặt đáy đen hấp thu nhiệt, nhưng do gradient nồng độ muối nên không tạo dòng đối lưu; nhiệt độ đáy khá ổn định, coi như nhiệt bị "nhốt" dưới đáy. Và rút nhiệt nước nóng ở đáy (Hình 7.54).

Nhiệt độ dưới đáy thường đạt dưới 80 ^oC. Sai biệt nhiệt độ lớp đáy và lớp mặt tùy thuộc vào lượng bức xạ, ví dụ ở các nước ôn đới vào mùa hè là (50 - 30 ^oC), nhưng chỉ còn (22 - 20 ^oC) vào mùa đông.

Để thu nhiều nhiệt lượng, ao mặt trời phải rộng, có thể đến vài ngàn m^2.



Hình 7.54. Ao mặt trời

7.14 CÁC ỨNG DỤNG NHIỆT NLMT KHÁC

Bao gồm:

- Máy lạnh hấp thụ: Dùng nguồn nhiệt *nóng* để làm *lạnh*.
- Sưởi ấm / làm mát nhà xưởng. Lĩnh vực quan trọng của kiến trúc.
- Chưng cất nước.

Có thể tra cứu các tài liệu chuyên sâu về năng lượng mặt trời cho các đề mục này.

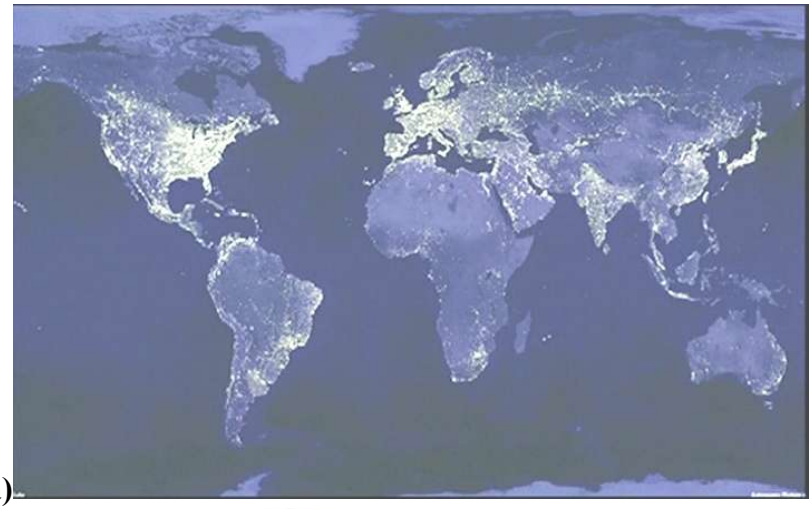
Nghiên cứu về tất cả các sử dụng nhiệt từ năng lượng mặt trời đòi hỏi *kiến thức về truyền nhiệt*. Cần nắm vững để vận dụng được những công thức về dẫn truyền và cách nhiệt, truyền nhiệt đối lưu và bức xạ.

Phần III: QUANG ĐIỆN (ĐIỆN MẶT TRỜI)

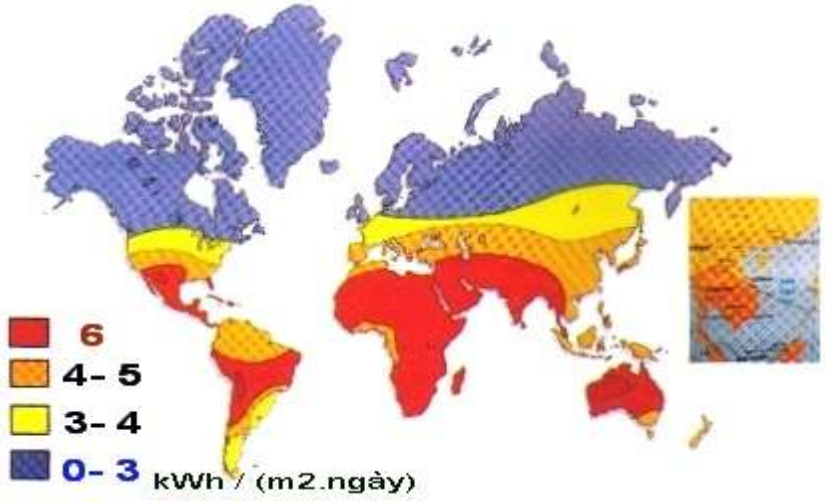
7.15 DẪN NHẬP VỀ ĐIỆN MẶT TRỜI

Quang điện (*photovoltaics*, PV; Điện mặt trời, ĐMT) chuyển đổi ánh sáng thành điện nhờ các pin mặt trời (*solar cell*).

Nhìn ảnh chụp vệ tinh vào ban đêm ghép lại (Hình 7.55a), có thể thấy vùng tối đen thiếu ánh sáng điện lại ở các nước có lượng bức xạ mặt trời đồi dào (Hình 7.55b).



(a)



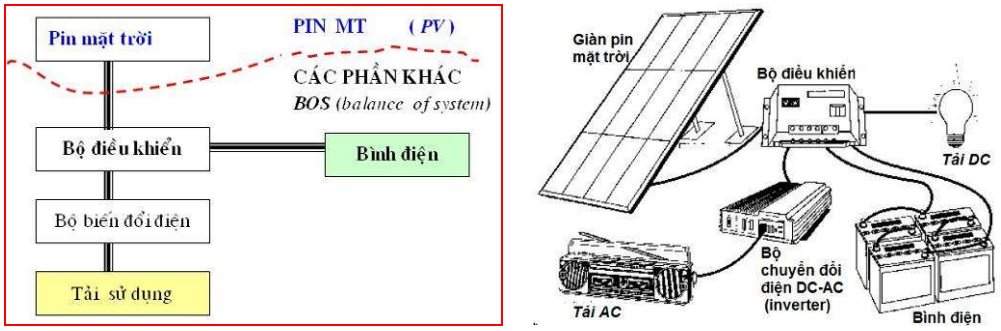
(b)

Hình 7.55. (a) Mức độ chiếu sáng ban đêm trên thế giới;
(b) Lượng bức xạ mỗi ngày.

Năng lượng mặt trời có thể đáp ứng nhu cầu cung cấp điện cho thế giới, với những ưu điểm sau:

- Không tốn nhiên liệu (diesel, xăng, dầu hỏa).
- Không ô nhiễm môi trường.
- Lắp đặt đơn giản (theo mô-đun). Bảo hành đơn giản.
- Gọn nhẹ, do tỷ số (*Công suất* W */kg thiết bị*) khá cao.
- "Tuổi thọ" cao: Pin mặt trời thường bền hơn 15 năm.
- Thích hợp nơi hẻo lánh, giải quyết một số việc ưu tiên.

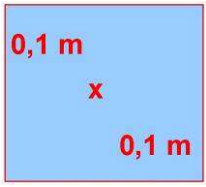
Về cấu tạo chung, một hệ thống quang điện (Hình 7.56) có thể chia ra 2 thánh phần cấu tạo: a) pin mặt trời, và b) các phần khác (BOS, *balance of system*).



Hình 7.56. Hệ thống điện mặt trời

Công suất các tấm pin mặt trời được nhà sản xuất ghi thường bằng W (watt)

Thực sự đó là **Wp (***peak watt***)** là công suất tối đa với cường độ bức xạ mặt trời 1 kW /m^2 ở 25 ^oC (Hình 7.57).



Hình 7.57: Cỡ 1 Wp

Kích thước cho 1 Wp khoảng 1 dm^2, dùng (ước lượng diện tích lắp đặt trên mái). Ở Tp Hồ Chí Minh 1 Wp có thể phát 1200- 1600 Wh /năm (trung bình khoảng 3,5- 4,5 Wh/ngày, nghĩa là, dù cảm giác một ngày có ánh mặt trời đến 12 giờ, nhưng thực sự qui ra cường độ nắng định mức, lấy trung bình cả năm thì mỗi ngày coi như chỉ được khoảng 3,5 – 4,5 giờ nắng; để nhớ: ***1 kW_p → 4 kWh /ngày***.

Cỡ pin mặt trời (*solar cell*) thông dụng là miếng hình vuông 12,5 cm hoặc 15 cm. Cũng có những miếng lớn đến 20 cm, hoặc "nhỏ xíu" 5 cm. Điện thế của 01 pin mặt trời khoảng 0,4 volt DC.

Hiệu ứng quang điện do Becquerel phát hiện từ 1839, nhưng phát triển rất chậm cho đến khoảng 1975. Thập niên 1950, không thấy triển vọng về quang điện. Vệ tinh dùng năng lượng mặt trời năm 1958 với giá ≈200 000 USD/Wp. Một dự báo bi quan năm 1973 rằng trạm 10 MW sẽ ngốn hết sản lượng silicon. Đến 1975 trạm điện mặt trời lớn nhất chỉ 1 kW. Từ 1980, phát triển tăng tốc, và đến 2010, cùng với điện gió và điện sinh khối, điện mặt trời là một nguồn năng lượng tái tạo chính.

7.16 NGUYÊN LÝ PIN MẶT TRỜI: HIỆU ỨNG QUANG ĐIỆN

7.16.1 Cấu tạo pin mặt trời

Xét một pin mặt trời hoạt động nhờ điện thế giữa bán Jdẫn loại ***n*** và loại ***p*** .

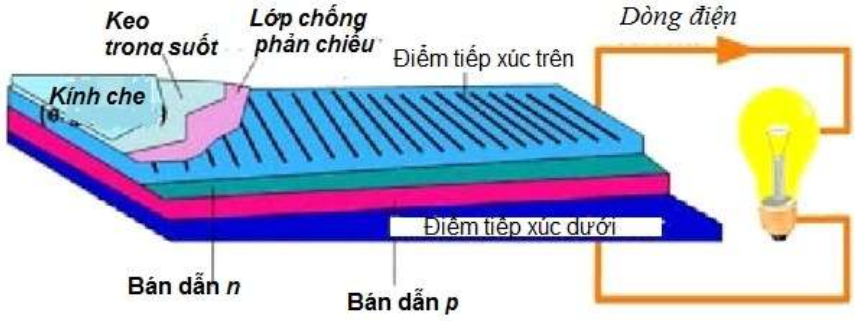
n-type: làm từ silicon và một ít phosphorus, đóng vai điện tử (electron).

p-type**:** làm từ silicon và một ít boron, đóng vai lỗ hổng (hole).

Quá trình chế tạo gọi là "doping encapsulation", thêm tạp chất có kiểm soát định lượng, ví dụ thêm germanium.

Cấu trúc này theo qui luật dạng diode, nghĩa là khi dòng điện theo chiều phân cực thuận, cường độ dòng điện gần như không đổi theo điện thế; ngược lại, khi dòng điện theo chiều *phân cực ngược,* cường độ tăng rất lớn, làm điện thế hạ rất thấp làm ngưng dòng điện.

Cấu tạo và cách dòng quang điện được minh họa ở Hình 7.58 và 7.59.



Hình 7.58. Sơ đồ cấu tạo của pin mặt trời

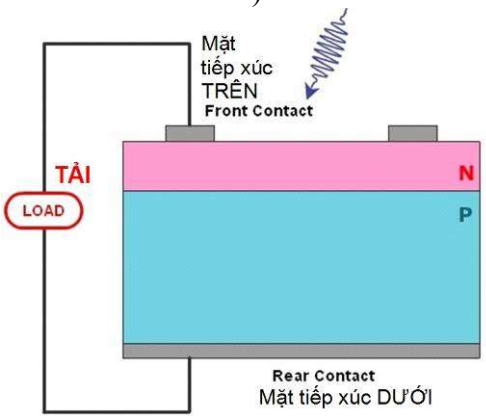
7.16.2 Tóm tắt cơ sở lý thuyết

Sự thay đổi của dòng điện theo điện thế

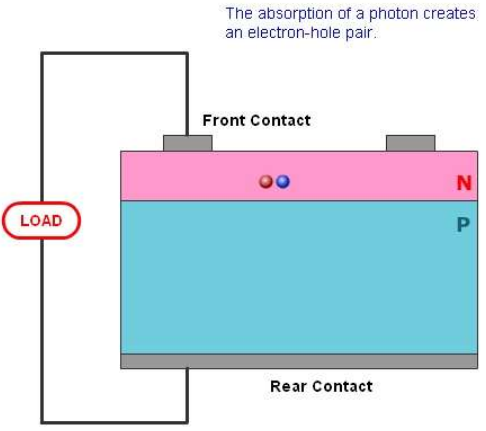
khi lớp tiếp xúc p-n không được chiếu sáng: $I_{dark} = I_0 \, (e^{\frac{qV}{kT}} - 1)$

với I_0 = hằng số = dòng điện ngược bão hòa,
q = điện tích của điện tử,
k = hằng số Boltzman = $8{,}617 \times 10^{-5}$ eV/K,
T = nhiệt độ của lớp tiếp xúc, K.

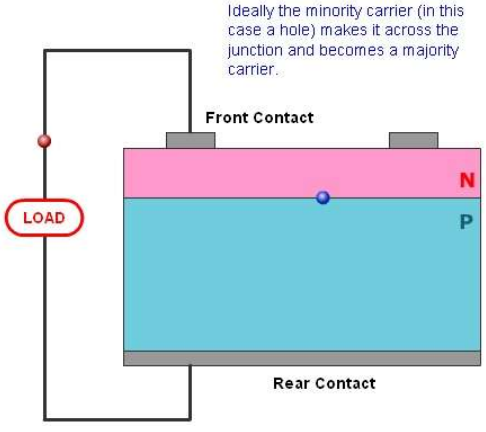
1)



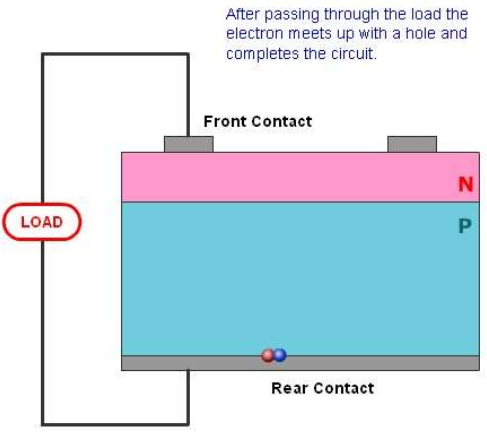
2) Hấp thu phton tạo ra cặp điện tử-hole



3)



4) Sau khi đi qua tải, electron gặp lại hole và hoàn tất mạch điện



Hình 7.59. Sơ đồ hoạt động của pin mặt trời. (PEN 2013)

Khi chiếu sáng qua lớp tiếp xúc p-n, điện tích từ các cặp electron và lỗ trống, tạo ra dòng điện qua lớp tiếp xúc. Do ánh sáng gồm nhiều độ dài sóng khác nhau, dòng điện do các photon bị hấp thụ là tổng (tích phân) của các sóng này: $I_{sc} = q \int I_{s(\lambda)} K_q \, d\lambda$

với : $I_{s(\lambda)}$ = mật độ photon có bước sóng λ

K_q = hiệu suất góp của lớp tiếp xúc (so với các photon chiếu tới)

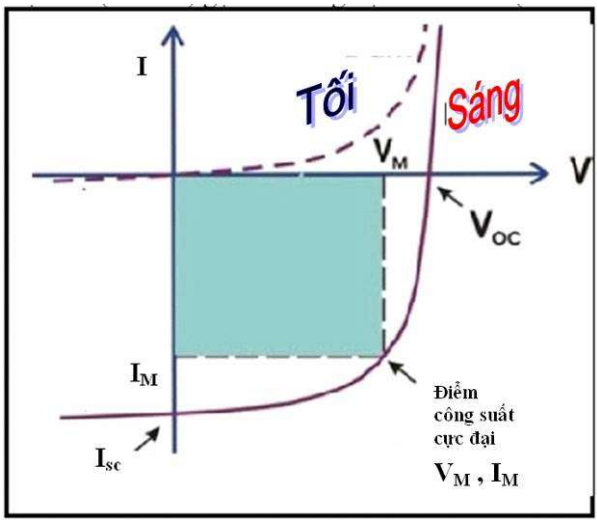
Vậy, dòng điện thực có: $I_{(V)} = I_{sc} - I_{dark\,(V)} = I_{sc} - I_0 \left(e^{qV/(kT)} - 1\right)$

Đây là trường hợp lý tưởng. Thực tế thêm hệ số ***m*** (do không lý tưởng) vào phương trình trên: $I_{(V)} = I_{sc} - I_{dark\,(V)} = I_{sc} - I_0 \left(e^{qV/(\boldsymbol{m}\,kT)} - 1\right)$

Khi hở mạch (không dòng điện), tính điện thế hở mạch V_{OC} với $I_{(V)} = 0$.

$V_{OC} = [k\,T / q] \;\; \text{Ln}\,[(I_{sc} / I_0) + 1]$

Đồ thị biến thiên cường độ theo điện thế (Hình 7.60) gọi là đường đặc tính V-A (volt-ampere).



Hình 7.60. Đồ thị cường độ theo điện thế (đồ thị V-A)

Hiệu suất chuyển đổi năng lượng η của pin mặt trời được xác định bởi hình chữ nhật có diện tích lớn nhất nằm trong đường đặc tính V-A.

Độ "vuông" của hình chữ nhật này thể hiện qua hệ số: $F_F = \dfrac{I_M}{I_{sc}} \dfrac{V_M}{V_{OC}}$

F_F tối đa = 1 khi $I_M = I_{sc}$ và $V_M = V_{OC}$.

Thực tế do tính chất của diode, $F_{\text{Fmax}} \approx 0{,}83$.

Hiệu suất $\eta(\%) = \dfrac{I_M V_M}{S_{un}} = \dfrac{I_{sc} V_{OC} F_F}{S_{un}} * 100$

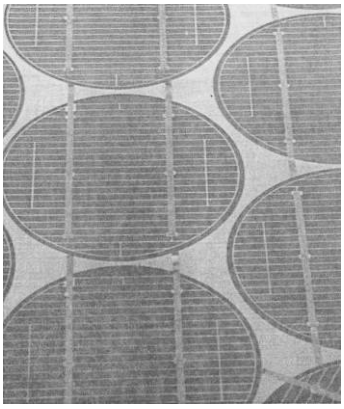
với S_{un} = bức xạ mặt trời đến mặt pin.

7.16.3 Các loại pin mặt trời

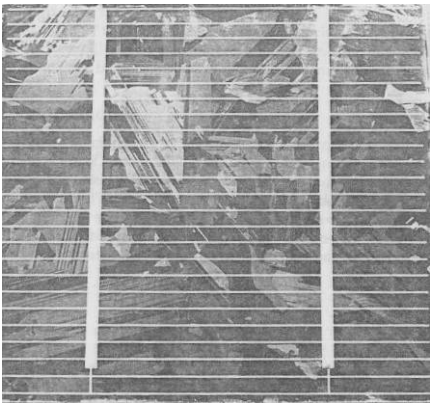
Đa số pin mặt trời hiện nay làm từ silicon (Si), là kết quả của hàng chục triệu USD cho nghiên cứu. Theo cấp độ tinh chế Si, có 3 mức:

- Cấp "luyện kim"
- Cấp pin mặt trời
- Cấp linh kiện bán dẫn

Phân loại trên để thấy pin mặt trời không phải là công nghệ cao, như với công nghệ bán dẫn hoặc vi mạch.



Hình 7.61. (a) Pin MT đơn tinh thể (*monocrystalline silicon cells*) màu xanh đậm



(b) Pin MT đa tinh thể (*multircystalline silicon cells*) mặt giống tôn tráng kẽm

Có thể phân ra 2 loại chính, tùy công nghệ chế tạo:

a) Silicon tinh thể

Pin mặt trời loại này hiện chiếm khoảng 70% tổng sản lượng. Có 2 dạng (Hình 7.61), tùy phương pháp sản xuất từ tinh thể Si:

***Đơn tinh thể** (monocrystalline silicon):* Nhìn bề ngoài có dáng đều. Hiệu suất cao nhất 16%- 24%.

Đa tinh thể (*multicrystalline silicon****):*** Nhìn bề ngoài, dáng không đều (như mặt tôn kẽm). Giá hơi rẻ hơn loại trên, nhưng hiệu suất cũng thấp hơn, khoảng 13 %- 17%.

b) Màng mỏng (*thin film*)

Chế tạo với các công nghệ CIS (*Copper Indium Selenide*), CdTe (*Cadmium Telluride*), hoặc a-Si *(Amorphous silicon, vô định hình)*, giống nhau ở chỗ trải một lớp rất mỏng chất bán dẫn PV trên một lớp đệm như thủy tinh, thép không rỉ hoặc chất dẽo. Giá rẻ nhất, nhưng hiệu suất thấp từ khoảng 7 % (a-Si) đến 13% (CIS). Hiện có nhiều ứng dụng đã đạt hiệu suất 12%, ví dụ ở máy tính tay hoặc đồng hồ.

Khoảng 5 năm gần đây, công nghiệp chế tạo pin mặt trời giá rẻ dựa trên silicon vô định hình đã phát triển nhanh, từ chỉ 5% thị phần năm 2005 đến 25% năm 2010 (Heckeroth S. 2010). Công ty First Solar của Mỹ đi đầu trong lĩnh vực thin-film solar cell (pin năng lượng mặt trời màng mỏng), năm 2004 với sản lượng 20 MW và giá thành 3 USD/watt, chỉ sau 4 năm đã tăng đến 500 MW năm 2008, trong lúc hạ giá thành xuống còn dưới 1 USD/watt.

7.16.4 Đường đặc tính V-A của giàn pin mặt trời

Mỗi pin mặt trời (*solar cell*) cho ra điện thế chỉ ≈ 0,4 volt, nên người ta thường khảo sát trên bộ pin gồm nhiều pin ghép nối tiếp.

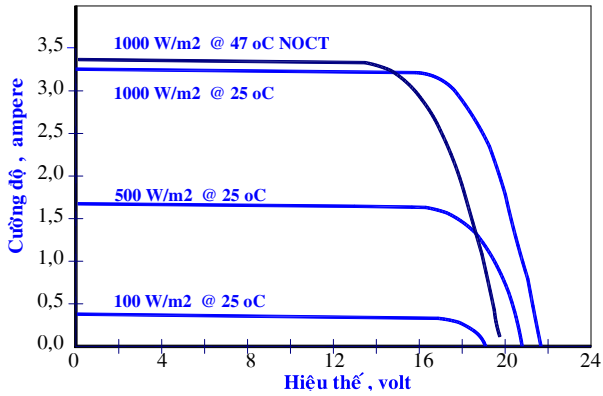
Để sạc được bình 12 volt, cần khoảng 28- 40 pin ghép với nhau (dự trữ 13-16 volt), gọi là ***mô-đuyn quang điện*** (*PV module*). Do đó, người ta cũng thường khảo sát đường đặc tính V-A trên bộ mô-đuyn.

Xác định đường đặc tính V-A (volt-ampere) bằng cách tăng dần tải sử dụng (Hình 7.62). Hai trị số đặc biệt là ở mạch hở ($I = 0$) và mạch nối tắt ($V = 0$; $I = I_{sc}$). Các điểm thực nghiệm dùng tìm phương trình hồi qui khớp với lý thuyết:

$$I = I_{sc} - A \cdot e^{BV} - 1$$

trong đó: A và B là các hằng số.

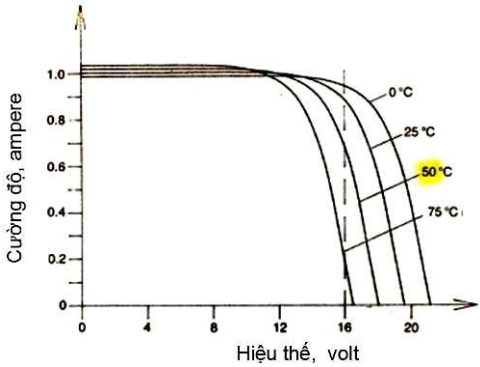
Ở một nhiệt độ nhất định, đường V-A tùy thuộc cường độ bức xạ mặt trời.



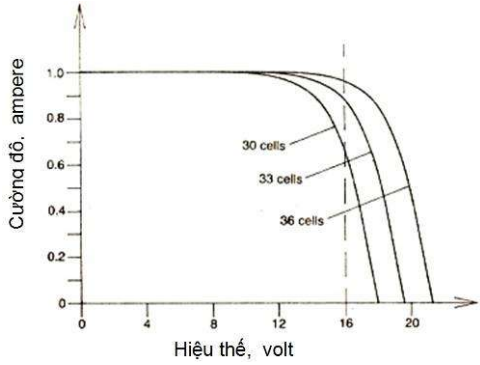
NOCT = Nominal Operating Cell Temperature
|(nhiệt độ vận hành danh nghĩa của pin mặt trời)

Hình 7.62. Đường đặc tính V-A

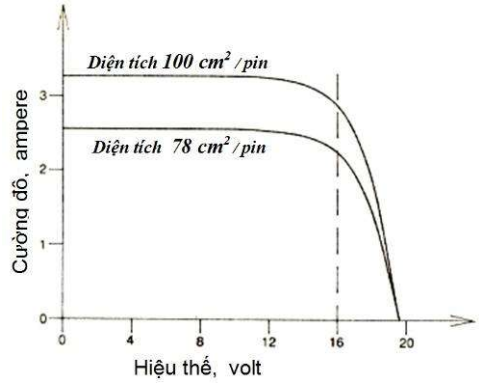
Các yếu tố ảnh hưởng đến đường đặc tính V-A thể hiện ở Hình 7.63.



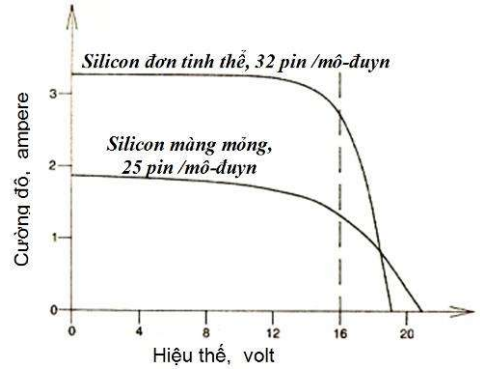
(a) Nhiệt độ @ 1000 W/m^2



(b) Số pin (*cell*)



(c) Diện tích pin



(d) Loại silicon

Hình 7.63. Các yếu tố ảnh hưởng đến đường đặc tính V-A

a) **Nhiệt độ pin**

Bức xạ mặt trời chiếu lên mặt pin không những biến quang thành điện mà còn biến thành nhiệt năng, làm nhiệt độ pin cao hơn nhiệt độ môi trường khoảng 20-30 ^{o}C. Hình 7.63a cho thấy với cùng bức xạ 1000 W/m^2, nhiệt độ tăng làm V_{OC} giảm và I_{sc} hơi cao hơn, không có lợi. Vì vậy, nên *lắp đặt* sao cho có không khí lưu thông và giữ cho giàn pin được mát.

b) **Số pin**

Nhắc lại, mỗi pin chỉ cho điện thế ≈0,4 volt, nên khi ghép nối tiếp, điện thế V_{OC} tăng, còn I_{sc} không đổi (Hình 7.63b). Để sạc bình acquy 12 V, cần dự trữ khoảng 16 V; với 30 pin thì có V_{OC} đủ dư. Tuy nhiên ở xứ nhiệt đới, cần số pin nhiều hơn (33- 36) để bù trừ với điện thế bị giảm do nhiệt độ cao.

c) **Diện tích pin**

Với cùng cường độ bức xạ, pin với diện tích lớn hơn sẽ có I_{sc} lớn hơn pin với diện tích nhỏ hơn (Hình 7.63c).

d) **Loại silicon**

Silicon đơn tinh thể có cường độ cao nhất, silicon đa tinh thể có cường độ hơi thấp hơn, còn silicon vô định hình chỉ bằng khoảng ½ số trên. (Hình 7.63d)

Các mô-đuyn thường được định mức theo công suất, thường trong khoảng 50 W đến 300 W.

Giàn pin mặt trời (***PV array***) gồm nhiều mô-đuyn ghép nối tiếp (rồi song song) để đạt công suất yêu cầu.

Điểm lưu ý khi lắp đặt giàn pin mặt trời là không một tấm pin nào bị bóng râm che phủ. Chỉ riêng lẻ một tấm pin bị bóng cây hay bóng tòa nhà che phủ, thì công suất toàn bộ giàn pin sẽ bị giảm đáng kể (Tương tự như lắp 4 cục pin, trong đó 1 cục không còn điện).

7.17 CÁC CHI TIẾT KHÁC CỦA GIÀN PIN MẶT TRỜI

7.17.1 Bình điện

Bình điện (*battery*, còn gọi là ac-quy) dùng lưu trữ điện khi không nắng. Một số úng dụng không cần điện tích trữ, ví dụ bơm nước. Nhưng phần lớn không phải chỉ sử dụng vào ban ngày nên cần trích trữ điện năng từ mặt trời.

Định nghĩa các thuật ngữ và đặc tính

Khả năng trữ (*storage capcity, Dung lượng*) biểu thị bằng ampe-giờ (Ah). Đo số giờ đến khi cạn bình, với dòng điện không đổi.

Trạng thái sạc đầy (*state of charge*):
100% = đầy; 50% = còn một nửa; 0% = cạn kiệt. Có thể biết trạng thái sạc bằng cách đo điện thế hở mạch. Hình 7.65 minh họa với ac-quy 12 V.

Mức phóng điện (*depth of discharge,* **DoD, D_{od}**): Mức độ đã phóng điện trước khi được sạc lại. Bình điện gọi là "tốt" nếu thường đạt D_{od} từ 50% đến 100% mà lâu hư bình.

Ghi chú: D_{od} = 100% nghĩa là trạng thái sạc đã cạn kiệt.

Vòng đời *(cycle life): Tuổi thọ theo số lần sạc* cho đến khi khả năng tích điện của bình chỉ còn 80% nguyên thủy. Vòng đời thay đổi tùy loại bình (Hình 7.64), càng cao càng tốt.

Mức độ phóng điện (*discharge rate*) = số giờ phóng điện.

Mức độ tự phóng điện (*self-discharge rate*): mức độ bị cạn bình dù không sử dụng, thay đổi tùy loại bình. Ví dụ: loại bình Lead-calcium và Nickel-cadmium tự phóng điện 3 % /tháng. Thông thường khoảng 0,1–0,3 % /ngày.

Dòng sạc (*charging rate*): Thường chọn cường độ dòng sạc theo công thức kinh nghiệm

[*Cường độ dòng sạc* A] = ($1/_{10}$) [*Dung lượng* Ah].

Sạc cường độ cao quá có thể gây hư hại bình điện.

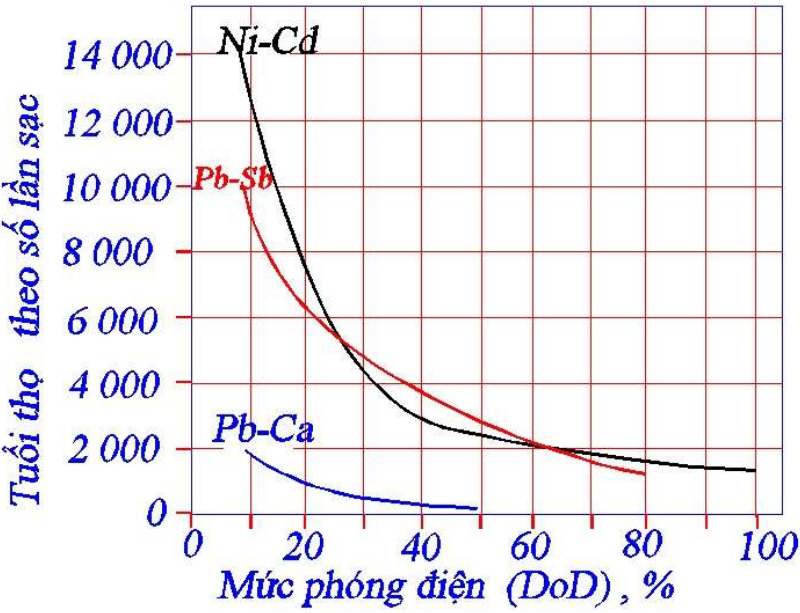
Các loại bình điện

Có hai loại chính: ac-quy chì (với 2 biến thể: chì-calci, và chì-antimoan), và acqui nickel-cadmium

- Ac-quy chì-calci (**Pb-Ca,** *lead calcium*): Là bình "xe hơi" thông dụng. Người ta thêm calci để tăng độ bền các bản cực. Rất dở về vòng đời

(*cycle life*), do bản cực chì bị tiêu hao, xem Hình 7.64. Chỉ cho phép mức phóng điện không quá 20%.

- Ac-quy chì-antimoan (**Pb-Sb,** *lead antimony*): Thêm antimoan với khoảng 2- 8 %. Cho phép phóng tới 50- 80 % mà tuổi thọ vẫn cao.
- Ac-quy chì-acdmium (**Ni-Cd,** *nickel-cadmium*): Bản cực lâu bị hao; mức phóng điện DoD có thể đến 100% mà ít bị giảm thọ. Vì vậy, có thể chọn dung lượng không cần cao như acquy chì. Giá mắc hơn các loại trên.

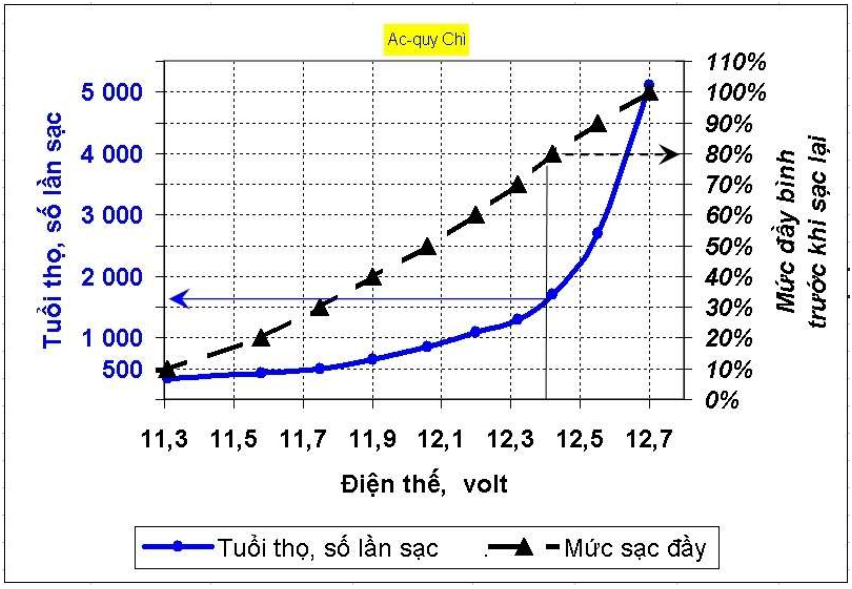


Hình 7.64. Tuổi thọ theo số lần sạc và đặc tính phóng điện của các loại bình

Vấn đề của bình điện

Bình điện là bộ phận gây phiền toái nhất, cần chăm sóc nhất; thực tế quyết định thành bại của hệ thống. Để dễ hiểu, cần xem xét đặc điểm bình acquy chì (Hình 7.65). Ví dụ đo hiệu điện thế của bình là 12,4 volt, nghĩa là bình còn 80% đầy. Nếu ta bắt đầu sạc từ mức này cho đầy bình, sử dụng, và cứ lặp lại ở mức sạc tương tự, thì tuổi thọ của bình khoảng 1700 lần sạc, nghĩa là khá bền. Ngược lại, nếu để bình cạn chỉ còn 10% (đo điện thế chỉ còn 11,3 V) mới sạc lại đầy, rồi lại sử dụng tới cạn như thế, thì chỉ sau khoảng 300 lần là hư bình, nghĩa là vòng đời rất ngắn, chỉ bằng 1/5 so với sạc khi bình khá đầy.

Đây là bài toán "lẩn quẩn" giữa giá cả, khả năng tài chính, và trình độ dân trí: Lắp đặt hỗ trợ vùng sâu vùng xa, chọn bình giá rẻ nhất (ac-quy chì), dân không biết giữ, nghĩa là để bình cạn còn 0- 20%, thế là bình "chết yểu". Tóm lại, bình hư làm toàn hệ thống không hoạt động, dẫn đến bỏ luôn trong năm đầu tiên. Có thay thế thì chi phí điện sẽ rất cao. Thử hình dung bình 100 Ah, giá 2,5 triệu đồng, hệ thống sử dụng 0,4 kWh/ngày hay 34 Ah/ngày; nếu NLMT chỉ sạc được 25 Ah/ngày, thì bình luôn luôn gần cạn, và sẽ hư sau 2 tháng; nghĩa là giá điện mặt trời hơn 100 000 đ/kWh. Nếu biết "nương tay" chỉ sử dụng 25 Ah/(ngày và đêm) thì bình có thể thọ đến 2 năm hoặc hơn, khi đó giá điện giảm còn khoảng 12 000 đ/kWh (dĩ nhiên vẫn mắc hơn điện lưới, nhưng đây là giải pháp ở nơi không điện lưới).



Hình 7.65. Tuổi thọ của ac-qui **chì** theo mức sạc đầy

Người thiết kế hệ thống có thể giúp người sử dụng với cân đối cung-cầu (số pa-nen MT, ac-quy, và tải sử dụng) sao cho hệ thống không bị cạn bình. Một chi tiết đơn giản là phải lắp một *đồng hồ đo điện thế* (volt-meter) để khi sử dụng biết khi nào cần giảm tải.

7.17.2 Bộ phận điều khiển

Bộ phận điều khiển (*Power Control Unit*, hoặc *controller*) điều khiển dòng điện ở ngã ba "Pin—Bình điện—Tải sử dụng", như là "cảnh sát giao thông" ở giao lộ. Bộ điều khiển có các chi tiết sau:

a) Cầu chì (*fuse*): bộ phận cơ bản, phòng ngắn mạch.

b) Bộ điều chỉnh sạc (*regulator*): Tránh sạc quá mức, nghĩa là sạc chậm khi gần đầy và ngưng khi đầy bình. Ở hệ thống lớn hoặc hiện đại, còn có chức năng cắt điện đến tải sử dụng khi bình cạn dưới một mức qui định.

c) Đi-ốt ngăn dòng ngược (*bocking diode*):
Ngăn dòng điện đi ngược từ bình qua pin mặt trời, vào ban đêm.

d) Đi-ốt cho đi qua (*by-pass diodes*): Mắc song song với các mô-đuyn. Cho dòng điện đi ngược đến các mô-đun "yếu", và bảo vệ rẽ dòng khi mô-đuyn bị nóng.

7.17.3 Bộ biến đổi điện

Bộ biến đổi điện (*inverter*, không phải với nghĩa biến tần cho máy lạnh) biến điện một chiều DC thành xoay chiều AC khi cần dùng điện. Vừa phải đầu tư thêm, vừa bị hao tổn điện năng, thường hao 20-25% công suất DC để biến thành AC; vậy nên cố gắng sử dụng thiết bị dùng điện một chiều DC. Đặc biệt các đèn LED hiện nay đều có thể lựa chọn loại DC. Cũng có quạt dùng động cơ DC.

Có 2 cấp chất lượng inverter: Cấp "thấp" tạo dòng điện xoay chiều sóng dạng vuông hoặc gần giống hình sin (*modified sine*), sử dụng cho đèn, các bộ sạc điện của labtop, điện thoại v.v. Cấp "cao" tạo sóng hình sin (*true sine*, như điện lưới) dùng cho các động cơ điện xoay chiều như máy in laser, tủ lạnh, thiết bị y tế, v.v.

7.18 ÁP DỤNG HỆ THỐNG QUANG ĐIỆN QUI MÔ NHỎ (HỆ THỐNG ĐỘC LẬP)

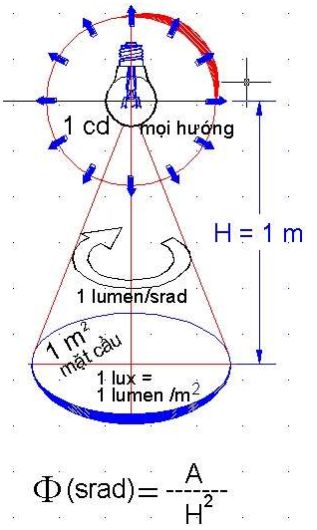
Do chưa thống nhất, nên tạm phân ranh qui mô nhỏ với tổng công suất dưới 1 kW. Ví dụ: a/ Các thiết bị gia dụng, như đèn, quạt...; b/ Các thiết bị sản xuất rất nhỏ; c/ Các thiết bị công cộng như đèn tín hiệu, viễn thông. Gọi là hệ thống độc lập, khi không có nối kết với điện lưới.

Sau đây sẽ trình bày chi tiết hơn về các thiết bị này.

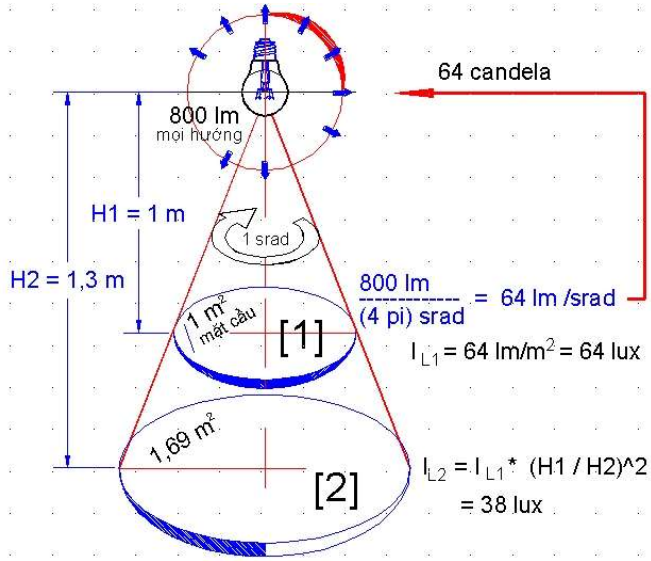
7.18.1 Áp dụng cho khu dân cư

Chiếu sáng

Đèn thắp sáng là áp dụng rộng nhất cho NLMT. Thế giới vẫn còn hơn một tỷ người không có điện lưới.



Hình 7.66. Các đơn vị đo về chiếu sáng.



Hình 7.67. Tính độ sáng và lượng sáng

Đơn vị lumen (**lm**) đo độ sáng P_L (*luminous flux*) có thứ nguyên công suất, theo định nghĩa 1 lm = 1 W /683 với tia sáng 0,555 μm. Độ sáng biểu thị công suất ở điểm nguồn phát sáng. Hình 7.66 minh họa độ sáng 1 candela (**cd**) của một cây nến (thời xưa) hoặc "cây nến điện tiêu chuẩn hóa". Với góc không gian quả cầu là 4π steradian (**srad**), nguồn sáng 1 cd tỏa mọi hướng, chọn góc chóp nón 1 srad, thì độ sáng trong góc chóp nón này là 1 lumen.

Đơn vị *lux* đo lượng sáng (*Illuminance*) I_L. Chóp nón trên cắt mặt cầu ở cách 1 m (bán kính 1 m) sao cho diện tích mặt cầu A=1 m^2 (Hình 7.66), định nghĩa lượng sáng là **1 lumen /m^2 = 1 lux**.

Ví dụ nguồn sáng 800 lm (Hình 7.67), tương đương với 800/(4π) = 64 lm/srad = 64 cd, nghĩa là gấp 64 lần cây nến tiêu chuẩn. Với góc 1 srad, ở vị trí **[1]** cách 1 m, lượng sáng I_{L1} = 64 lm/m^2 = 64 lux. Ở vị trí **[2]**

cách 1,3 m lượng sáng thay đổi nghịch đảo với bình phương khoảng cách theo công thức $\frac{I_{L2}}{I_{L1}} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^2$, và tính ra I_{L2} = 38 lux.

Phát triển về đèn điện đã qua 4 thời kỳ: 1/ Đèn dây tóc ; 2 /Đèn huỳnh quang; 3/ Đèn huỳnh quang compact, và 4/ Đèn LED, viết tắt từ *Light Emitting Diodes*. Bảng 7.7 so sánh các đặc điểm liên quan đến chiếu sáng của 4 loại đèn; chú ý đến hiệu quả chiếu sáng (lm/W), là tỷ số giữa độ sáng (lm) và công suất đèn tiêu thụ (W).

Bảng 7.7. Các đặc điểm về chiếu sáng của 4 loại đèn

Đèn Đặc điểm:	Dây tóc	Huỳnh quang (HQ)	HQ Compact	LED
Hiệu quả sáng, lumen / watt	10–18 lm/W	45–60 lm/W	50–70 lm/W	90–120 lm/W
Ví dụ:	***800 lm**/60 W* *= 13 lm/W*	*1000 lm/20 W* *= 50 lm/W*	***800 lm**/13 W* *= 61 lm/W*	***800 lm**/7 W* *= 114 lm/W*
Hao tổn công suất do phát nhiệt	45 – 80%	45 – 80%	45 – 60%	10 – 15%
Ví dụ trên, hao	*25 W*	*9 W*		*1 W*
Tuổi thọ	1 000 giờ	8 000 giờ	8 000 giờ	50 000 giờ
Có thủy ngân (Hg) độc hại ?	Không	Có	Có	Không
Phát thải carbon (so với Dây tóc)	100%	25%	25%	10%

(Nguồn: Ready Store. 2012., Ryer 1996)

Đèn LED tiết kiệm điện nhất, với cùng 1 W cho độ sáng gấp 10 lần đèn dây tóc và gấp đôi đèn huỳnh quang. Với NLMT qui mô rất nhỏ, vấn đề không phải chỉ tiết kiệm điện, mà là sử dụng nguồn điện hữu hạn. Ví dụ với chỉ một tấm pin 50 W, có thể thắp sáng với một đèn LED 7 W cả đêm, không sợ cạn và mau hư ac-quy; ngược lại để có cùng độ sáng, dùng đèn dây tóc 60 W chỉ được 1- 2 giờ.

Đèn LED công suất thấp (1- 3 W) với một ac-quy xe máy 6 Ah là giải pháp cơ động và "sáng sủa" hơn để thay thế đèn dầu hỏa ở các vùng "thật sâu thật xa" không điện lưới (Hình 7.68). Ngay ở nông thôn có điện lưới, những đèn LED "mini" 0,2- 0,5W trữ điện bằng cục pin nhỏ Ni-Cd 0,3 Ah có thể soi sáng đường đi trong vườn cây ăn trái được 5- 8 giờ mỗi đêm.

32 LED; panen 3 W; ac-quy 6V_4 Ah; sạc 10 h, dùng 10 h

Đèn LED dùng NLMT:
4,5 W (trái) 0,2 W (phải)

Hình 7.68. Đèn pin mặt trời

Quạt thông thoáng

Ở vùng nhiệt đới, làm mát cũng là điều cần thiết cho cuộc sống dễ chịu. Với NLMT cỡ rất nhỏ, những quạt DC 10- 20 W có thể đáp ứng yêu cầu (Hình 7.69). Với cỡ tương đối lớn hơn, và bộ chuyển đổi ra điện xoay chiều (nhưng phải tạo sóng sin thực, *true sine*) có thể dùng các loại quạt thông thường cỡ 20- 50 W.

12 V; 4,5 W; tốc độ 2600 vg/ph; lượng gió 2,8 m^3/phút; độ ồn 39 dB(A).

12 V, 15 W

Hình 7.69. Các dạng quạt điện một chiều (DC)

Ti-vi

Đây là nhu cầu giải trí và phổ biến thông tin, văn hóa, nhất là ở vùng sâu vùng xa. Hiện có trên thị trường bộ gắn vào ti-vi thông thường chuyển đổi dùng điện DC. Thường xem ti-vi buổi tối, dùng điện hoàn toàn từ ac-quy, nên cần cân đối công suất (cỡ 30- 50 W, lớn hơn nhiều so với đèn hoặc quạt) và khả năng lưu trữ điện của ac-quy.

Tủ lạnh

Dùng tủ lạnh trước nhất cho y tế, ví dụ trữ lạnh thuốc chủng ở 1 - 8 ^{o}C. Khoảng 1990 thế giới đã có 3000 cái, lúc đó giá khá đắt, cỡ 3000– 6000 USD, nhưng do sức khỏe là vô giá, nên phải chấp nhận. Công suất thông thường 150– 200 W, cỡ 100– 200 Lít; ngăn đá giữ lạnh được khoảng 5 kg trong 24 giờ. Nguyên lý và cấu tạo giống tủ lạnh thường. Máy nén khí (*compressor*) dùng động cơ DC 12– 24 V. Bình điện trữ đủ dùng 5 ngày nếu không nắng.

Ngày nay, với bộ chuyển đổi DC-AC "*true sine*" giá vừa phải, có thể dùng các tủ lạnh thông dụng cỡ 50- 150 W, giá rẻ hơn nhiều; dĩ nhiên chấp nhận "hao điện" khoảng 20% do hiệu suất chuyển đổi điện.

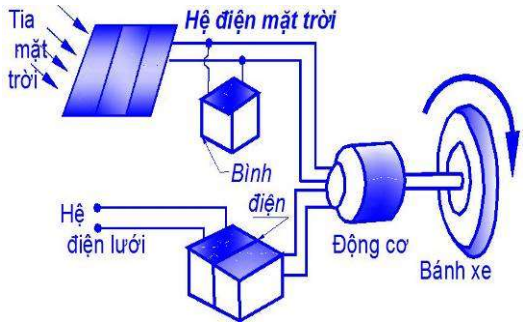
7.18.2 Thông tin liên lạc và giao thông vận tải

Nói chung, điện mặt trời phát huy ưu thế ở nơi cô lập, như các trạm viễn thông phát sóng ở vùng sâu vùng xa, miền núi, hải đảo, hoặc các tín hiệu giao thông, như đèn đường, đèn biển, v.v.

Xe đạp mặt trời (*solar bicycle*) và xe mặt trời (*solar car*) đều dựa theo một nguyên lý chung (Hình 7.70a), với nhiều thiết kế đa dạng (Hình 7.70b và c). Hàng năm có cuộc đua xe mặt trời ở Úc. Năm 2013 ở Tp Hồ Chí Minh cũng tổ chức đua xe đạp mặt trời dành cho sinh viên (Hình 7.70d).

Vấn đề là các pa-nen mặt trời chịu xóc trên đường nên phải có độ bền cơ học cao. Ngoài ra kết cấu hệ thống quang điện phải gọn nhẹ so với công suất phát ra, và bố trí khó bị gió đánh bạt (khác với hệ cố định, dàn rộng thoải mái).

Tàu mặt trời (*solar boat*) và máy bay mặt trời là những thử nghiệm mới. Vấn đề khối lượng với máy bay còn khắt khe hơn so với xe hơi.



(a)

(b) (Fitzpatrick 2013)

(c) (SEVT 2010)

Pa-nen 6 m^2; Khối lượng 270 kg;
Động cơ 7,5 kW; Tốc độ 80 km/giờ

(d) Photo: L.V. Bạn

Hình 7.70. Xe năng lượng mặt trời: (**a**) Nguyên lý kết cấu;
(**b**) Xe tuk-tuk NLMT ở Thái Lan; (c) Xe đua NLMT ở Mỹ; (**d**) Xe NLMT ở TPHCM

7.18.3 Các ứng dụng khác

- Quạt máy sấy (đã trình bày ở Mục máy sấy NLMT).
- Bơm nước dùng cho sinh hoạt; mỗi người cần 20– 40 Lít/ngày. Ví dụ: Bơm 10 m^3/ngày với 3 m cột áp, đủ cho một ấp 300 người; loại bơm nổi 85 Wp. Bơm 25 m^3/ngày với 20 m cột áp, đủ cho một xã 800 người, loại bơm ngập 800 Wp.
- Bơm nước bằng năng lượng mặt trời (hệ độc lập) cho *cây trồng* thì *khó khả thi* vì nhu cầu nước tưới quá nhiều so với khả năng và đầu tư bơm. Ví dụ cây lúa, chỉ một hecta cần khoảng 100 m^3/ngày. Tuy nhiên cũng có thể ứng dụng trên diện tích nhỏ với kỹ thuật *tưới nhỏ giọt*, ví dụ bơm tưới vườn thanh long cỡ một vài ngàn m^2. Ghi chú: Ngược lại, với điện NLMT hệ nối lưới công suất lớn, bơm nước vào ban ngày là ứng dụng chính trong nông nghiệp (Xem Mục sau).

7.18.4 Bài tính về điện mặt trời hộ gia đình

Từ ước lượng tải sử dụng điện cho hộ gia đình, tính toán chủ yếu ra được *số pa-nen mặt trời* và *số bình ac-quy* cần trang bị. Sau đó, nhiều công ty có thể cung cấp các chi tiết (kể cả controller và inverter tương ứng), và một thợ điện bình thường cũng lắp đặt được.

Ví dụ: Yêu cầu về tải sử dụng của một hộ gia đình như Bảng 7.8.

Bảng 7.8. Tính lượng điện sử dụng cho hộ gia đình

Dụng cụ / thiết bị	Công suất	Giờ dùng /ngày	==> W h
Đèn LED	5 W (*2 cái)	3	30
Đèn LED	10 W	5	100
Radio-Cassette	5 W	4	20
Quạt bàn	40 W	6	240
TV	50 W	4	200
Tủ lạnh 75 L	55 W	12 #	660
		Tổng tải	1250

Ghi chú: Tủ lạnh tuy mở điện 24 giờ, nhưng máy nén chỉ chạy 50% thời gian.

Sản lượng điện một mô-đun [Wh /ngày]
= (Cường độ có tải, ampere) * (Điện thế, volt) * (Số giờ nắng mỗi ngày)

hoặc

Sản lượng điện một mô-đun [Wh /ngày]
= Công suất của mô-đun * (Số giờ nắng mỗi ngày)

Ví dụ, với mô-đun công suất 75 W, nắng mỗi ngày 4,5 giờ (số giờ nắng qui tương ứng với công suất định mức; tham khảo số liệu khí hậu địa phương):

Sản lượng điện một mô-đun = 75 W * 4,5 h ≈ 338 Wh

Số mô-đun cần lắp đặt = Tổng tải, Wh / Sản lượng điện một mô-đun

ví dụ trên = 1250 Wh / 338 Wh

= 3,7. Vậy, cần trang bị 4 mô-đun.

$$\text{Số bình ắc-quy} = \frac{\text{(Tổng tải mỗi ngày, Wh) * (Số ngày phải trữ)}}{\text{(Điện thế của acquy, volt) * (Dung lượng mỗi bình, Ah)}}$$

Ví dụ với tải như trên và dùng ac-quy 12 V, 100 Ah, cần sử dụng được với 3 ngày không nắng:

$$\text{Số bình ắc-quy} = \frac{1250\,Wh * 3\,ngày}{12\,volt * 100\,Ah} = 3{,}1.$$ Vậy trang bị 3 bình.

Lưu ý:

a) Nếu đa số tải dùng điện xoay chiều, cần tăng 15- 20% số mô-đuyn và số bình điện so với tính trên, để bù cho tổn thất chuyển đổi điện.

b) Nếu dùng bình điện "loại rẻ tiền" như bình cho xe hơi, cần tăng *gấp đôi* số bình điện, để bảo đảm bình không bị cạn kiệt, giảm tuổi thọ. Ở ví dụ trên, cần 3 * 2 = 6 bình ac-quy.

7.18.5 Chi phí điện mặt trời

Để tính chi phí sản xuất 1 kWh điện mặt trời hộ gia đình, có thể lấy ví dụ một trường hợp đơn giản ở vùng không điện lưới, chỉ dùng đèn và quạt; nhất thiết phải có ac-quy để thắp sàng ban đêm. Bảng 7.9 liệt kê giá đầu tư vào năm 2012, vòng đời (*life cycle*) các chi tiết, và tổng giá mua ứng với vòng đời 20 năm của tấm pin mặt trời. Phân ra 3 cụm chính: a) Pin mặt trời; b) Các bộ phận khác: bộ điều khiển, bộ đổi điện, đèn và quạt; c) Ắc-quy.

Bảng 7.9. Các thành phần chi phí điện mặt trời hộ gia đình (một ví dụ)

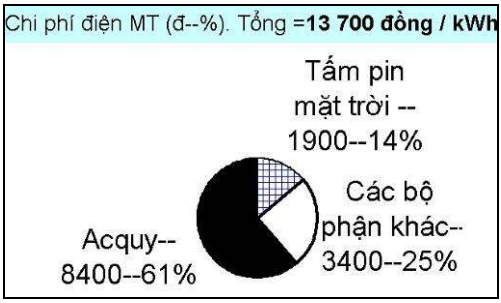
	Giá mua mỗi lần, **triệu đồng**	Vòng đời, **năm**	Giá mua cho vòng đời 20 năm, **triệu đồng**	Chi phí điện, **đồng /kWh**
Panen, 2 * 75 W	9	20	9	1 900
Các bộ phận khác + đèn & quạt	8	10	16	3 400
Ac-quy, 2 *100 Ah	4	2	40	8 400
Tổng chi/ vòng đời 20 năm , triệu đồng = (*chi phí bảo dưỡng tính chung khi thay thế các bộ phận*)			**65**	**13 700**

Ghi chú: Để đơn giản hóa. bảng trên không tính yếu tố lãi suất vay.

Tổng sản lượng điện với vòng đời 20 năm, và trung bình 0,65 kWh/ngày:

= 20 năm * 365 ngày * 0,65 kWh/ngày ≈ 4750 kWh.

Vậy giá thành điện = 65 triệu đồng / 4750 kWh = **13 700 đ /kWh**. (Bảng 7.9 với các thành phần chi phí; Hình 7.71)



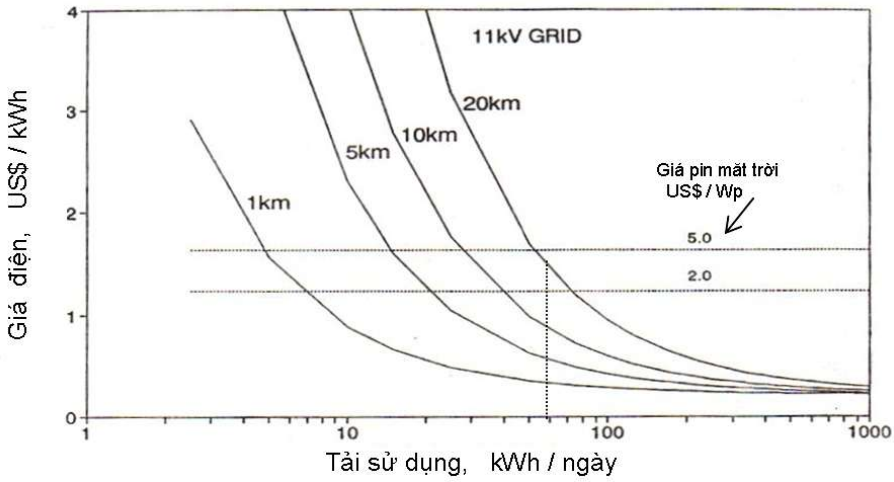
Hình 7.71. Các thành phần chi phí điện NLMT

Giá cả thay đổi theo thời điểm và theo chất lượng các bộ phận, nhưng ví dụ tiêu biểu trên giúp hình dung được ba điểm sau:

- Chi phí cho bình *ac-quy* là lớn nhất, thường hơn 50% tổng chi phí.
- Trừ tấm pin mặt trời, chi phí thay thế ac-quy và các bộ phận khác chiếm 86%. kể cả chi phí bảo dưỡng khi thay thế các bộ phận. Nếu tách riêng, phần bảo dưỡng (bao gồm mua sắm và công thay) chiếm khoảng 1/3 của số 86% này.
- Nếu chế tạo tấm pin mặt trời đòi hỏi nhiều đầu tư, thì có thể nhập khẩu; nhưng cần *công nghiệp phụ trợ* chế tạo các bộ phận khác (controller, inverter, đèn LED v.v, mà hiện tại chủ yếu nhập) với số lượng lớn, giá thành thấp để giúp giảm đáng kể chi phí điện mặt trời.

So sánh kinh tế của điện mặt trời độc lập

Như vậy, điện mặt trời độc lập (*off-grid*) chỉ kinh tế hơn ở nơi xa, nhu cầu tiêu thụ nhỏ, mỗi hộ dưới 50 Wh /ngày. Năm 1990, một nghiên cứu ở Thái Lan so sánh điện mặt trời với chi phí đầu tư 5 USD/W (và giả thiết 2 USD/W vào lúc đó, Hình 7.72) và điện lưới với đường dây 11 kV, cho thấy nếu kéo đường dây điện lưới dài 20 km mà tổng tải sử dụng khoảng 60 kWh/ngày (ứng với khoảng 50- 150 hộ ở một làng nhỏ) thì điện lưới vẫn rẻ hơn điện mặt trời.



Hình 7.72. So sánh chi phí năng lượng mặt trời

Giá điện mặt trời đã từ 1 USD /kWh năm 1980 giảm 5 lần còn 0,2 USD/kWh vào năm 2000, vẫn mắc gấp đôi so với nhiệt điện khí đốt.

7.18.6 Năng lượng mặt trời qui mô nhỏ ở Việt Nam

Trước 2005

Điện mặt trời (**ĐMT**) được lắp đặt đầu tiên ở Huyện Cần Giờ (Tp.HCM) vào đầu thập niên 1990, công suất 1000 W. Giá tấm pin 8 USD /Wp; giá cả bao gồm lắp đặt 17 USD/Wp, hay 17 000 USD/kWp. Tiếp theo là Huyện Củ Chi 500 W, đảo Trường Sa, núi Bà Đen, đảo Cồn Cỏ v.v. Chủ yếu lắp đặt do Phòng Điện mặt trời Solar Lab thuộc Viện Khoa học Việt Nam (Trịnh Q. Dũng 2005). Solar Lab 1997- 2003 theo chương trình do tổ chức SIDA Thụy Điển tài trợ, cũng nghiên cứu chế tạo đèn tiết kiệm năng lượng; inverter; các thiết bị điện theo bình 12 v.v. Cũng có nhiều Dự án "lớn" khác chủ yếu với tài trợ của nước ngoài, như:

- "Nhà máy ĐMT" ở Xã Trang, Huyện Mang Yang, Gia Lai, 100 kWp kết hợp 25 kWthủy điện nhỏ. Đầu tư 3 triệu USD do Nhật tài trợ. Hoạt động 1999 cho 200 hộ dân.
- Làng ĐMT Xã Easol, Huyện EaH'Leo, Đak Lak; 9,5 kWp; hoàn thành 2002.
- Xã Hòa Nhơn, Huyện Hòa Vang, TP Đà Nẵng. Úc tài trợ 2,1 tỷ đồng, vốn ngân sách đối ứng 0,5 tỷ; cho 50 hộ của 1 xóm (coi như đầu tư 50 triệu đồng /hộ).

Công ty SELCO (theo Tài liệu 2001 của Công ty) từ 1995 đến /2001, đã lắp 1600 bộ PV, tổng công suất 132 kW (trung bình 80 Wp/bộ). Lớn nhất là Dự án ĐMT ở một cù lao trên Sông Hậu (Cần Thơ) phối hợp Hội Liên hiệp Phụ nữ và Ngân hàng Nông nghiệp. Tiêu biểu hệ 21 W giá 5 triệu đồng (2001), dùng cho 2 đèn 10W, hoặc 1 đèn và cassette; hệ 65 W, giá 9,3 triệu, dùng cho 4 đèn, hoặc 1 đèn và ti-vi màu 14 inch. Nhưng sau vài năm Dự án đã "phá sản" vì 2005 kéo điện lưới 5 km qua Sông Hậu, dân cư tập trung, ĐMT mất ưu thế. (như Hình 7.71, tải lớn thì dù đường dây xa, điện lưới sẽ rẻ).

Ước lượng đến 2005 điện mặt trời Việt Nam đã lắp đặt khoảng 1 MW, chiếm 0,01 % trong tổng số 11 600 MW công suất điện Việt Nam lúc đó. Nhưng sản lượng (kWh) còn nhỏ hơn 0,01% này, vì đa số không sử dụng sau 1-2 năm do ac-quy hư, không kinh phí thay thế.

Nói chung, ĐMT trong giai đoạn này là "bao cấp" với viện trợ tấm pin mặt trời của nước ngoài; giá đầu tư tính đủ khoảng 8- 15 USD/W.

Từ 2006 đến nay, điện mặt trời độc lập (*off-grid*) gần như khựng lại. Chỉ có một Dự án lớn 90 kWp, đầu tư 14,8 tỷ đồng (8 USD/Wp) năm 2011 ở ấp đảo Thiềng Liềng (Cần Giờ, TpHCM) cho 170 hộ (≈500 Wp/hộ, trị giá 80 triệu đồng/hộ).

7.19 ĐIỆN MẶT TRỜI NỐI LƯỚI

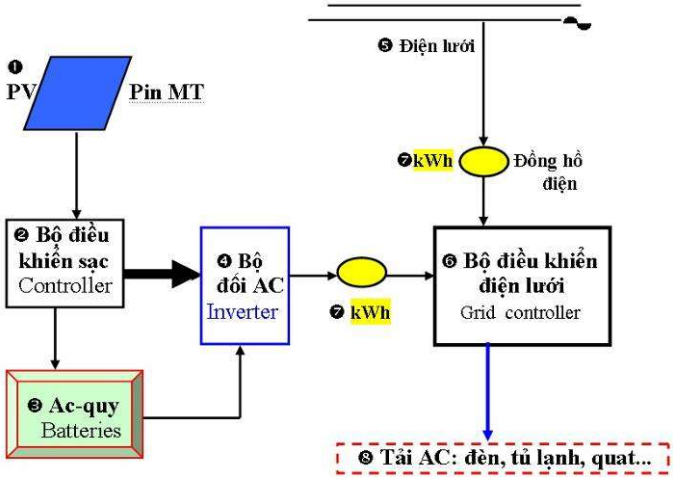
Ở ví dụ trên với điện mặt trời 150 W có ac-quy, giá thành điện rất cao do chi phí thay thế ac-quy. Nếu qui mô lớn 15 kW (gấp 100 lần) thì công suất các tấm pin và dung lượng ac-quy cũng tăng tương ứng, nên giá thành điện mặt trời không giảm đáng kể theo qui mô.

Vì vậy, ở nơi *có điện lưới*, sử dụng *công suất lớn* vào *ban ngày*, sử dụng điện mặt trời nhằm mục đích tiết giảm điện từ nguồn năng lượng không tái tạo (dầu, than) và bảo vệ môi trường. Đây là giải pháp *không trữ điện* vào ac-quy cho các đối tượng sau:

- Cơ sở công nghiệp, sản xuất chủ yếu ban ngày.
- Dịch vụ thương mại, dùng nhiều máy lạnh và chiếu sáng...
- Văn phòng và nhà ở, dùng điện nhiều như máy lạnh, máy in...
- ***Trang trại nông nghiệp***, bơm tưới vào ban ngày.

Dĩ nhiên có thể dành một tỷ lệ nhỏ công suất điện mặt trời để trữ điện như với hộ gia đình. Ví dụ một bệnh viện trang bị 50 kW điện mặt trời có thể

dành trữ với 5 kW sẵn sàng cho tủ lạnh trữ vắc-xin và một số thiết bị ưu tiên khác khi mất điện lưới. Hình 7.73 thể hiện sơ đồ điện mặt trời nối lưới.



Hình 7.73. Sơ đồ nguyên lý điện mặt trời nối lưới

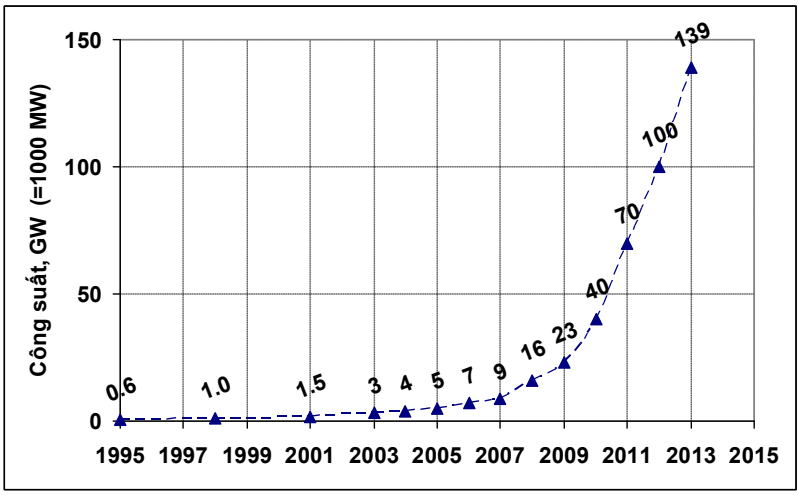
❶Panen mặt trời. (trên nóc nhà hoặc mặt đất không bị bóng che). ❷Bộ phận điều khiển sạc DC. ❸Các bình trữ điện, công suất tùy tải dự trữ cho các thiết bị ưu tiên. ❹Bộ chuyển đổi điện DC thành AC 220 V. ❺Nguồn điện lưới 220 V. ❻Tủ điều khiển điện lưới (khi điện mặt trời không đủ cho tải, nối để dùng điện lưới). ❼kWh=Các đồng hồ đo lượng điện cung cấp. ❽Các tải AC.

Điện mặt trời nối lưới đã được áp dụng ở nhiều nước, qua nhiều giai đoạn.

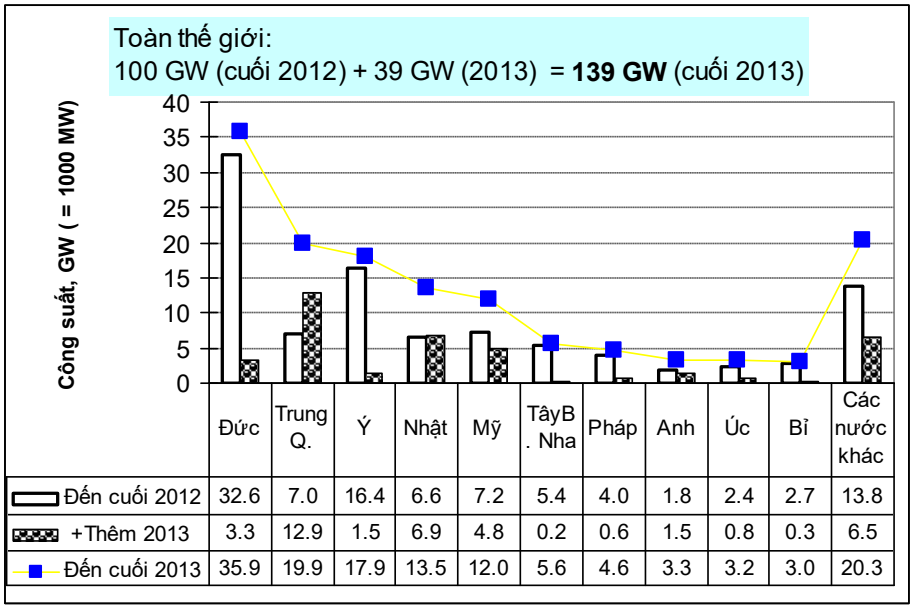
Từ 1980- 2003, phát triển qui mô lớn dần, năm 1995 đạt tổng công suất 600 MW (0,6 GW), năm 2003 đạt tổng công suất 3,1 GW với 0,74 GW lắp đặt trong năm này; có trạm 400 kW tại Oakland, Mỹ. Chi phí sản xuất 1 kWh điện mặt trời trong khoảng 0,35– 0,80 USD, đắt gấp 8- 10 lần so với điện do nhiệt năng hoặc thủy năng 0,04– 0,10 USD.

Từ 2004 đến 2014 là giai đoạn "tăng tốc" (Hình 7.74), đến 2013 toàn thế giới có 139 GW điện mặt trời. Nhưng phân bố không đồng đều (Hình 7.75): 10 nước hàng đầu chiếm 86% công suất; trong đó 5 nước (Đức, Trung Quốc, Ý, Nhật, Mỹ) chiếm 71%; một mình Đức chiếm 26% tổng công suất.

Mức "tăng tốc" thể hiện ở công suất lắp đặt hai năm 2012- 2013, bằng lũy kế của 20 năm trước đó.



Hình 7.74. Tổng công suất lắp đặt điện mặt trời 1995– 2013 trên thế giới



	Đức	Trung Q.	Ý	Nhật	Mỹ	TâyB. Nha	Pháp	Anh	Úc	Bỉ	Các nước khác
Đến cuối 2012	32.6	7.0	16.4	6.6	7.2	5.4	4.0	1.8	2.4	2.7	13.8
+Thêm 2013	3.3	12.9	1.5	6.9	4.8	0.2	0.6	1.5	0.8	0.3	6.5
Đến cuối 2013	35.9	19.9	17.9	13.5	12.0	5.6	4.6	3.3	3.2	3.0	20.3

Hình 7.75. Công suất lắp đặt điện mặt trời của 10 nước hàng đầu.

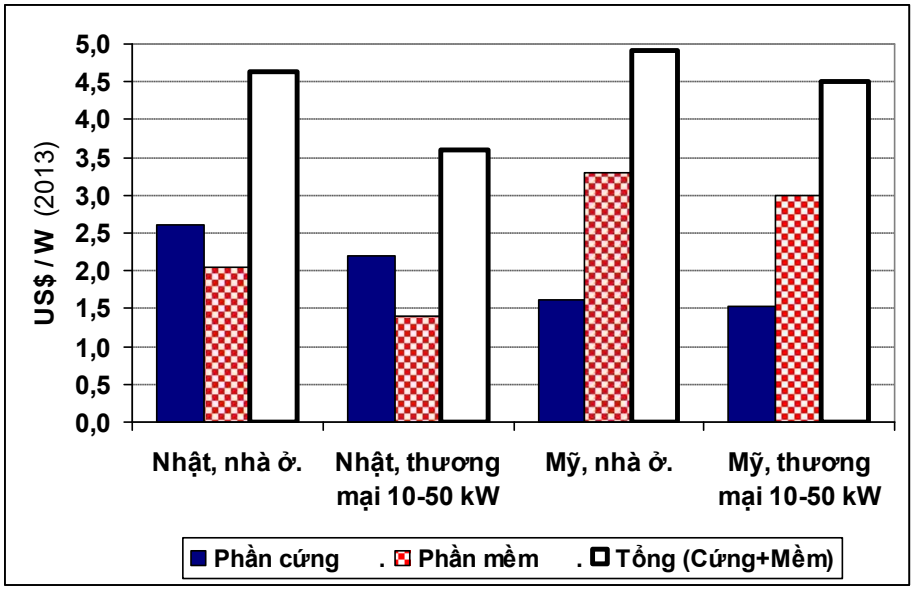
Giá cả hệ thống PV

Giá 1 Wp pin mặt trời đã giảm từ 6 USD năm 1992 còn ***2,5*** USD năm 2001. Trong 10 năm (1992- 2001), mức tăng trưởng sản lượng là 32% /năm; mức giảm giá là 8 %/năm. Nói cách khác, sản lượng tăng gấp đôi, giá chỉ giảm 20 %. Gần 10 năm sau đó (đến 2009) giá vẫn không giảm, một nguyên nhân là cạnh tranh nguyên liệu silicon cho công nghệ thông tin.

Năm 2001 dự báo khoảng năm 2013 tổng công suất sẽ là 2 GW; thực sự đã đạt 139 MW vào năm này. Lý do công suất lắp đặt tăng nhanh từ 2011 nhờ giá mô-đuyn pin mặt trời, từ 2,5 USD/Wp đầu năm 2010 đã giảm "đột biến" còn ***1 USD/Wp vào đầu năm 2012***, và 2013 chỉ còn 0,7 USD/Wp (giá bán số lượng lớn, tại nhà máy).

Các bộ phận khác ngoài tấm pin cũng chiếm chi phí không nhỏ, từ 4-11 USD/Wp năm 1990, hiện đã giảm còn 2-3 USD/Wp tùy qui mô.

Ở Mỹ và Nhật đầu năm 2013, giá lắp đặt hoàn chỉnh điện mặt trời (Hình 7.76) nằm trong khoảng 3,5- 5,0 USD/watt (Friedman 2014). Lưu ý, ngoài thiết bị "phần cứng", các khoản dịch vụ "phần mềm" chiếm tỷ lệ khá lớn. Ở Đức cùng thời điểm này, giá hệ thống PV khoảng 3 USD/W.



Hình 7.76. Giá cả lắp đặt điện mặt trời (2013) ở Nhật và Mỹ
"*Phần cứng*": Mô-đuyn mặt trời, Bộ chuyển đổi DC-AC, v.v. ;
"*Phần mềm*": Thiết kế, Bán hàng, Lắp đặt, Thuế, Lợi nhuận, v.v

Nói chung, xu hướng PV hòa điện lưới (on-grid) hiện là chủ đạo. Ở Châu Âu, khoảng 20 năm trước, điện mặt trời gồm 50% hòa lưới và 50% độc lập (off-grid); đến 2012, PV độc lập chiếm chưa tới 2% (IEA 2013).

Nhắc lại, hiện nay điện mặt trời thế giới ***chủ yếu hòa lưới điện***, năm 2010, có 97% là điện hòa lưới, không phải cho "vùng sâu vùng xa" như 20 năm trước đây.

7.19.1 Phát triển của điện mặt trời nối lưới ở một số nước

- **Đức**

Năm 2013, Đức đứng đầu thế giới về điện mặt trời với 35,9 GW (so với năm 2006 mới chỉ 1,7 GW) và chiếm khoảng 6% sản lượng điện của Đức (chỉ sau gió 9% và sinh khối 8%); công nghiệp điện mặt trời tạo việc làm cho 56 000 người.

Đặc điểm chính là điện nối lưới, năm 2006 đã có gần 90% công suất lắp đặt là nối lưới, đến 2013, tỷ lệ này là 98%, nghĩa là khoảng 1,4 triệu hộ gia đình có điện mặt trời nối lưới, chiếm 85% của con số 98% trên (còn lại là của các công ty điện mặt trời).

Chính sách hỗ trợ bằng giá mua điện (*feed-in-tariff*, FiT) đã rất hiệu quả: FiT từ 0,7 USD/kWh năm 2004 đã giảm dần, còn 0,4 USD/kWh vào năm 2012 (Wirth 2014); giúp tăng nhanh công suất lắp đặt trong khoảng thời gian này. Chính sách cũng điều tiết mức phát triển; ví dụ năm 2014, FiT ở bang Bayern (Bavaria) chỉ còn 0,13 euro (≈0,16 USD) /kWh, trong lúc giá điện bán điện sinh hoạt trung bình cho dân là 0,28 euro /kWh; nói chung FiT giảm dần [#7.19]. Ước lượng giảm tối đa hỗ trợ FiT vào khoảng 2020 vì giá sản xuất điện mặt trời sẽ giảm bằng giá điện công nghiệp; điều mà trước đây 10 năm khó tưởng tượng nổi.

Ví dụ ở nông thôn miền nam nước Đức có điện lưới, chúng tôi đi qua cỡ vài chục nhà lại thấy có pa-nen mặt trời trên nóc (Hình 7.77).

Hỏi thêm chi tiết, được biết giá thành điện mặt trời nối lưới cũng còn hơi mắc hơn điện lưới; tính lý thuyết cũng 10- 15 năm mới lấy lại vốn đầu tư. Điều này cho thấy người dân đã hưởng ứng và ủng hộ chính sách dùng năng lượng tái tạo của nhà nước Đức, bớt phụ thuộc vào dầu mỏ nhập khẩu. Công suất điện NLMT trung bình cho hơn 80 triệu người dân Đức năm 2013 là 0,3 kW/ người (Wirth 2014), riêng bang Bayern (nơi có đội bóng đá Bayern-Munich) là 0,6 kW/ người. .

[#7.19] Nhưng lời hứa (hợp đồng) cũ vẫn giữ nguyên. Ví dụ: Lắp năm 2010 hợp đồng với FiT 0,30 euro/kWh, sẽ tiếp tục bán với giá này đến 2030; dù luật mới ban hành qui định nếu lắp đặt năm 2015 chỉ nhận được FiT 0,13 euro/kWh.

a.

b

c.

Hình 7.77. Điện mặt trời nối lưới ở Đức
a. Nhà ở nông thôn (thấy đường dây điện lưới); (b) Cửa hàng bán lẻ dọc xa lộ.
c. Nhìn ảnh chụp cụm dân cư tại một trị trấn nhỏ ở bang Bayern
thấy khoảng 20 hộ có pa-nen mặt trời . (Photo: PHHien).

- **Mỹ**

Mỹ từ vị trí hàng đầu, chiếm 80% sản lượng điện NLMT năm 1980, đã tụt xuống hạng khá xa, do chính sách dựa vào dầu khí. Từ 2008, đã "thức tỉnh" và hiện đứng hạng 5 thế giới. Năm 2013, điện mặt trời chiếm 0,5% sản lượng điện ở Mỹ (so với 4% từ năng lượng gió). Nhưng vẫn do chính sách hỗ trợ không cương quyết, nhất là gần đây với khai thác dầu từ vỉa đá phiến (*shale*) làm giảm giá năng lượng khí đốt, nên nhiều nhà máy sản xuất pin mặt trời đã đóng cửa, còn do sự cạnh tranh với công nghiệp pin mặt trời Trung Quốc.

- **Nhật**

Từ năm 2000, các nhà sản xuất hàng đầu như Sharp, Kyocera, Toshiba chiếm 60% sản lượng PV, chủ yếu xuất khẩu. Hiện Nhật sản xuất hơn 1/3 PV thế giới. Nhờ trợ cấp khuyến khích của chính phủ; giá điện được hỗ trợ từ 50% năm 1994, xuống còn 10% năm 2002. Nhật đã có 144 000 PV hộ gia đình năm 2002, và 250 000 năm 2013 (qui mô 4- 6 kW). Năm 2013, tổng công suất điện mặt trời ở Nhật khoảng 12 GW; riêng năm 2013 công

suất lắp đặt PV là 4 GW, bằng 20 năm lũy kế trước đó (Friedman và ctv 2014, trích dẫn Tsagas 2014). Chính sự cố hạt nhân Fukushima năm 2011 đã thúc đẩy chính sách phát triển nhanh điện mặt trời ở Nhật, để hiện nay là nguồn năng lượng tái tạo được triển khai mạnh nhất.

Chính sách hỗ trợ bằng giá mua điện (*FiT*) khá thuận lợi cho điện mặt trời, năm 2013 khoảng 0,37- 0,40 USD/kWh tùy qui mô, trong khi mặt bằng giá điện chung trong khoảng 0,2- 0,3 USD/kWh.

- **Trung Quốc**

Mười năm trước đây, Trung Quốc chưa thể hiện gì rõ trên bản đồ điện mặt trời thế giới. Nhưng từ 2010, Trung Quốc đã trở thành nơi sản xuất pin mặt trời lớn nhất thế giới; và công suất lắp đặt cũng tăng vọt: từ 0,02 GW năm 2000, lên 0,8 GW năm 2010, và 18,6 GW năm 2013. (Masson 2014).

Năm 2010-2013, Trung Quốc xuất qua Nhật mỗi năm trong khoảng 40- 80 triệu mô-đuyn (Photon Consulting 2013); cũng xuất sang Mỹ với giá thấp đến độ Mỹ phải áp thuế chống phá giá với mô-đuyn mặt trời Trung Quốc.

Điện mặt trời Trung Quốc chủ yếu hòa lưới; cũng áp dụng *FiT* như các nước khác. Văn bản luật mới giữa năm 2011 với FiT khoảng 0,16 USD/kWh đã thúc đẩy nhanh tiến độ lắp đặt điện mặt trời từ năm 2012.

- **Thái Lan**

Thái Lan là nước ở Đông Nam Á đã đẩy mạnh phát triển hệ điện mặt trời qui mô rất lớn (so với cỡ kW). Nhà máy điện mặt trời đầu tiên 6,1 ***MW*** ở tỉnh Nakhorn Rachasriuma bắt đầu hoạt động năm 2010. Kế tiếp, nhà máy ở tỉnh Lopburi vận hành từ 2011; có qui mô lớn nhất 55 MW, với 540 000 tấm pin MT; dự kiến mở rộng đến 84 MW, lắp đặt trên diện tích 190 ha, với tổng 1400 km đường dây, kể cả đường cao thế 115 KV (Hình 7.78). Hệ thống này sẽ cung cấp cho 70 000 hộ dân, và giảm 35 000 tấn nhiên liệu dầu khí mỗi năm. Tổng đầu tư 203 triệu USD; tính toán suất nội hoàn IRR 14% cho vòng đời 25 năm.

Hình 7.78. Điện mặt trời 55 MW ở tỉnh Lopburi, Thái Lan
(Thammarak & Wonglimamornlert 2013)

Phát triển NLMT ở Thái Lan nhờ hỗ trợ về giá (*adder rate*), nghĩa là giá mua điện mặt trời cao hơn giá điện thông thường 0,22 USD/kWh trong 10 năm, trong khi điện gió và điện sinh khối chỉ được mua cao hơn lần lượt là 0,12 và 0,02 USD/kWh (Tongsopit 2014).

Năm 2009, nhà nước Thái Lan đặt mục tiêu đạt 500 MW điện mặt trời vào năm 2022; có vẻ sẽ vượt đích này vì 2013 đã đạt 480 MW vào tháng 3-2013, với suất đầu tư 2,5 USD/watt.

Cũng có ý kiến không cần quá tập trung như trên, hao tốn đất đai, tốn thêm đường truyền dẫn, tốn quản lý phí, vì 1 W mặt trời riêng trên nóc nhà hay chung trên 100 ha cũng chỉ sản xuất lượng Wh như nhau. Nên năm 2013 kế hoạch có thêm điện mặt trời nối lưới hộ gia đình (*rooftop solar*) với tổng công suất lắp đặt 200 MW, và giá mua điện FiT 0,21- 0,23 USD/kWh, trong đó có 25 MW lắp đặt ở các công sở (DAEDE 2013) không áp dụng FiT.

Còn rất nhiều vấn đề kỹ thuật và kinh tế cần theo dõi để chốt lại một chính sách phù hợp, nhưng cách làm của Thái Lan từ các mô hình điểm rất đáng học hỏi. Có làm có chập chững mới lớn được; không làm, chỉ bàn luận thì khó ra được gì.

- **Ấn Độ**

Cũng là nước lớn đông dân, nhưng Ấn Độ khá trì trệ với điện mặt trời. Năm 2010 tổng công suất lắp đặt chỉ đạt 15 MW (0,015 GW), bằng 1/50 Trung Quốc, và thua cả Thái Lan. Nhưng cũng đã kịp "thức tỉnh": ba năm 2011-2013 đã lắp đặt thêm 3 GW, và sẽ tiếp tục tăng tốc.

Bài học chung không phải chỉ với Ấn Độ (trước 2011), mà với các nước khác không thành công lắm với điện mặt trời như Indonesia, nằm ở chính sách (không phải ở khoa học kỹ thuật, Ấn Độ dư sức đáp ứng): chính sách

khuyến khích hỗ trợ công nghiệp nội địa chế tạo hệ thống điện mặt trời; và khuyến khích hỗ trợ sử dụng điện mặt trời, thông qua giá mua điện FiT.

7.19.2 Phát triển của điện mặt trời nối lưới ở Việt Nam

Ở Việt Nam, điện mặt trời nối lưới đã bắt đầu được áp dụng (Hình 7.79), có thể kể 3 trường hợp tiêu biểu ở Tp Hồ Chí Minh:

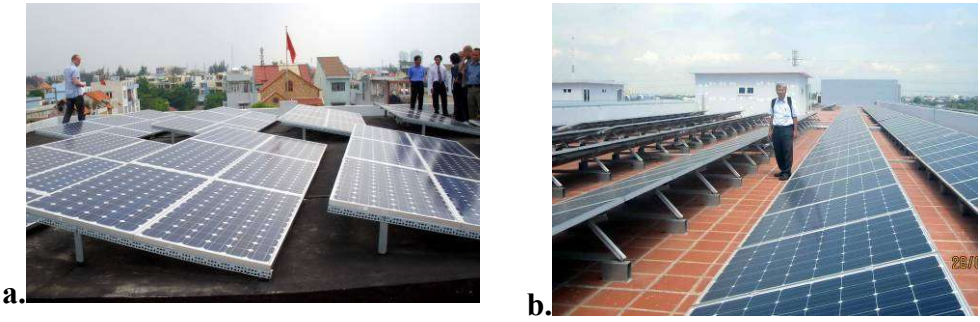
a) Nhà ông Trịnh Quang Dũng ở Quận Tân Bình, (2,7 kW), nối lưới đầu tiên ở Việt Nam với đa số thiết bị điện Việt Nam (gọi là MADICUB) công suất 2,2 kWp, đầu tư 20 000 USD (9 USD /Wp).

b) Công ty Tuấn An ở Quận Bình Tân (12 kW).

c) Viện Tài nguyên-Môi trường thuộc ĐHQG TP.HCM (50 kW).

Ở Bình Dương, điện NLMT nối lưới được áp dụng ở Siêu thị BigC, Công ty Tantec v.v.

Tất cả chỉ nối một chiều, nghĩa là khi thiếu ĐMT thì lấy thêm điện từ lưới, còn nếu dư ĐMT (sử dụng không hết) cũng không thể bán lại cho lưới điện. Vì thế, công suất lắp đặt cũng nhỏ hơn nhiều so với tải sử dụng.



Hình 7.79. Điện mặt trời nối lưới ở Tp Hồ Chí Minh
a. Công ty Tuấn An; b. Viện TN-Môi trường (ĐHQG TP.HCM)

Công nghiệp chế tạo pin mặt trời ở Việt Nam

Đầu năm 2011 Công ty First Solar được cấp phép đầu tư sản xuất PV tại Củ Chi (TpHCM); dự kiến vốn 1 tỷ USD, sản lượng 220 MWp /năm. Hy vọng này bị dập tắt năm 2012 khi công ty này hủy kế hoạch xây dựng (có lẽ do không cạnh tranh nổi với pin mặt trời Trung Quốc?).

Hiện chỉ có Công ty Mặt Trời Đỏ (Red Sun), có nhà xưởng ở Đức Hòa, hoạt động chế tạo tấm pin mặt trời (panel) từ năm 2009, với công suất 4 MW tấm pin mỗi năm, với pin (cell) nhập từ Đài Loan và Đức.

Bài toán và tương lai của điện mặt trời ở Việt Nam

Điện mặt trời ở Việt Nam, cũng như một số nước đang phát triển khác, *trước đây* phần lớn trợ giá cho vùng sâu vùng xa, dân trí và trình độ kỹ thuật thấp, nên dễ hư hỏng, lãng phí, ảnh hưởng đến "uy tín" của nó.

Khi lắp đặt, chưa tính đến sai biệt tuổi thọ (tấm pin 20 năm; bộ điều khiển 5 năm, đặc biệt bình điện có thể chỉ 1 năm nếu không đúng chủng loại), nên thường không tính đến chi phí thay thế. Do giá pin mặt trời còn cao, nên ĐMT chỉ cạnh tranh kinh tế ở những vùng khá biệt lập, dân cư thưa thớt, có nhu cầu cấp thiết về điện, hoặc cần đáp ứng một yêu cầu xã hội.

Nơi xa, nhưng tập trung dân cư, khả năng mở rộng sản xuất công nghiệp, ví dụ ở cù lao trên Sông Hậu nói trên, cũng không phải là nơi phát triển điện mặt trời.

Dự đoán tương lai, cũng như các nước khác, tổng công suất ĐMT độc lập vẫn là tỷ lệ rất nhỏ, không đáng kể.

Cần tập trung cho ***ĐMT nối lưới và hòa lưới***, để giảm bớt lượng điện sản xuất từ khí đốt và than đá; đây sẽ là mục tiêu chính. Dù công nghiệp chế tạo pin mặt trời chưa phát triển, Việt Nam vẫn còn thuận lợi nhập tấm pin Trung Quốc, vừa gần vừa rẻ (dưới 1 USD/Wp), và với hỗ trợ trong phát triển công nghiệp phụ trợ về các bộ phận khác (trong tầm tay), và hỗ trợ trong sử dụng bằng giá mua điện *FiT* phù hợp, thì giá 1 kWh điện sẽ giảm xuống dần đến mức được chấp nhận, vì khi đó NLMT chỉ đắt hơn chút ít so với năng lượng gió hay thủy điện, và sẽ rẻ hơn nhiều so với năng lượng hạt nhân!

7.20 TÀI LIỆU THAM KHẢO

AAA Solar Service and Supply Inc. 2000. *Solar air collector installation guide*.

ASHRAE. *Design Manual Section 3.7: Storage subsystem design (air collector)*, p.3-121.

Biona M., A. Culaba, E. Serafica, R. del Mundo. 2003. *Performance curve generation of an unglazed transpired collector for solar drying applications*. Energy Engineering Program, Univ. Philippines Diliman.

DAEDE (Thailand Department of Alternative Energy Development and Efficiency). 2013. *Thailand's solar pv roadmap initiative.* Meeting Summary: Integration between Solar PV and the Grid: Key Issues for Thailand 21-6-2013, Bangkok.

Darby M.. 2014. *U.S.-China Solar Trade War: Economic and Political Implications of the 2012 and 2014 Antidumping Disputes*. Master's thesis, School of the Environment, Duke University.

Duffy J.A, W.A. Beckman. 1980. *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley & Sons, New York.

Exell, R.H.B. 1993. *Solar Rice Drying: A Thai experience*. Ag.Eng.J. 2(4)195-205

First Solar, Inc. 2009. *First Solar Passes $1 Per Watt Industry Milestone*. http://investor.firstsolar.com/phoenix.zhtml?c=201491&p=irol-newsArticle&ID=1259614

Fitzpatrick E. 2013. *Australian company launches the solar-powered tuk tuk*. http://reneweconomy.com.au/2013/australian-company-launches-the-solar-powered-tuk-tuk-12524

Friedman B., R. Margolis & J. Seel. 2014. *Comparing photovoltaic (PV) costs and deployment drivers in the Japanese and U.S. residential and commercial markets*. National Renewable Energy Laboratory, U.S. Department of Energy.

Green M.G. & D.Schwarz. 2001. *Solar Drying Equipment: Notes on Three Driers*. GTZ-GATE.

Heckeroth S. 2010. *The Promise of Thin-film Solar*. http://www.motherearthnews.com/Renewable-Energy/Thin-Film-Solar-Utility-Scale-PV-Power.aspx

IEA (International Energy Agency) PVPS Programme. 2013. *Trends 2013 in photovoltaic applications: Survey Report of Selected IEA Countries between 1992 and 2012*. Report IEA-PVPS T1-23:2013

Janjai S., P. Tung. 2005. *Performance of a solar dryer using hot air from roof-integrated solar collectors for drying herbs and spices*. Department of Physics, Silpakorn University, Thailand

Masson G. (Ed). 2014. *Global market outlook for photovoltaics 2014-2018*. EPIA (European Photovoltaic Industry Association).

NASA (U.S. National Aeronautics and Space Administration). 2012. *NASA-NOAA Satellite Reveals New Views of Earth at Night*. https://www.nasa.gov/mission_pages/NPP/news/earth-at-night.html#.VcA5_fmqqko

Nguyễn Minh Hoàng. 2005. *Thiết kế, chế tạo, khảo nghiệm mô hình máy sấy cá dùng năng lượng mặt trời*. Luận văn tốt nghiệp Kỹ sư, Khoa Cơ khí- Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm Tp Hồ Chí Minh.

PEN (Photovoltaic Education Network). 2013. *Solar cell operation*. < http://www.pveducation.org/ >

Ready Store. 2012. Basics of Emergency Lighting (Part 1) < www.thereadystore.com/emergency-power/2535/basics-of-emergency-lighting-part-1/ >

REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century). 2015 *Renewables 2014 global status report*.

REN21. 2010. "*Indian Renewable Energy Status Report*."

Ryer A.D. 1997. *Light measurment handbook*. <http://www.intl-light.com/handbook/>

SPE (Solar Power Europe). 2014. Global market outlook for solar PV 2015-2019. http://www.solarpowereurope.org/

SEVT (Solar Electric Vehicle Team of MIT). 2010. *Solar car and 2009 global green challenge*. < http://www.mitsolar.com/ >

Sukhatme S.P. 1996. *Solar energy: Principles of thermal collection and storage***.** Tata McGraw-Hill Publ., New-Dehli.

Thammarak C & W.Wonglimamornlert. 2013. *Operation analysis of large scale solar power generation in Thailand*. EGAT (Electricity Generating Authority of Thailand), presented at CIGRE-AORC, Sept.3-5, 2013, China .

Timilsina G.R., L. Kurdgelashvili,P.A. Narbel. 2011. *A Review of Solar Energy: Markets, Economics and Policies*. Policy Research Working Paper 5845, World Bank

Tongsopit S. 2014. *Thailand's Feed-in Tariffs for Solar Power: Calculation, Impacts, and Future Directions*. Energy Research Institute, Chulalongkorn University.

Trịnh Quang Dũng. 2005. *Điện mặt trời Việt Nam: 15 năm phát triển*. NXb KHKT.

USAID. *Grid-connected renewable energy: solar electric technologies*. < http://www.energytoolbox.org/gcre/mod_5/index.shtml >

Weiss W., J. Buchinger. 2004. *Solar drying: a Training course*. Austrian Development Cooperation.

Wirth H. 2014. *Recent Facts about Photovoltaics in Germany*. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. <info@ise.fraunhofer.de>

8 Năng lượng Gió

8.1 DẪN NHẬP 220
8.2 SỐ LIỆU VỀ GIÓ 220
8.2.1 Hướng gió, đo tốc độ gió và mô hình hóa bằng hàm Weibull. 220
8.2.2 Ảnh hưởng của độ cao và địa hình đến tốc độ gió..... 224
8.2.3 Thang tốc độ gió 225
8.2.4 Số liệu đánh giá năng lượng gió ở Việt Nam 226
8.2.5 Vài kết quả khảo sát và đo đạc 2007 231
8.3 NĂNG LƯỢNG CỦA ĐỘNG CƠ GIÓ 234
8.3.1 Công suất động cơ gió 234
8.3.2 Năng lượng động cơ gió phát ra 235
8.3.3 Công suất thay đổi theo loại tua-bin gió 238
8.3.4 Phân loại tua-bin gió theo cỡ công suất 242
8.4 ỨNG DỤNG NĂNG LƯỢNG GIÓ CỠ NHỎ 243
8.4.1 Chọn địa điểm đặt động cơ gió 243
8.4.2 Bơm nước 243
8.4.3 Phát điện 244
8.4.4 Vấn đề gió lớn với tua-bin gió cỡ nhỏ 244
8.4.5 Kết hợp năng lượng gió và mặt trời để phát điện 244
8.4.6 Kinh tế năng lượng gió cỡ nhỏ 245
8.4.7 Khảo sát ở Đức về năng lượng gió cỡ nhỏ 245
8.4.8 Động cơ gió cỡ nhỏ trên thế giới 245
8.4.9 Động cơ gió cỡ nhỏ ở Việt Nam..... 246
8.5 NĂNG LƯỢNG GIÓ CỠ LỚN 247
8.5.1 Tổng quan 247
8.5.2 Các vấn đề liên quan đến tua-bin gió cỡ lớn..... 247
8.5.3 Kinh tế năng lượng gió cỡ lớn 251
8.5.4 Phát triển năng lượng gió cỡ lớn ở nước ngoài..... 252
8.5.5 Năng lượng gió cỡ lớn ở Việt Nam 256
8.5.6 Tóm tắt về năng lượng gió cỡ lớn..... 258
8.6 NĂNG LƯỢNG GIÓ PHỤC VỤ NÔNG NGHIỆP 258
8.7 TÀI LIỆU THAM KHẢO 259

Năm **1995**, người viết bài này, dựa vào tài liệu 1980-1990, viết rằng năng lượng gió là cho *vùng sâu, vùng xa* không có điện lưới.

Năm **2004**, xem lại số liệu 1998-2003, "giật mình" khi biết rằng năng lượng gió chủ yếu *hòa vào điện lưới*. Đức đứng hạng nhất với tổng công suất 16 GW (16 000 MW) được lắp đặt; còn Mỹ tụt hạng, chỉ cỡ Tây Ban Nha, và chỉ hơn Đan Mạch (5 triệu dân) một ít.

Năm **2011**, xem số liệu 2008-2010, "giật mình lần 2" với số liệu *Trung Quốc* từ "vô danh" năm 1998 nhảy lên hàng đầu thế giới với 42 GW, còn Mỹ "thức tỉnh" lại và đứng thứ hai với 40 MW, và Đức tụt xuống hạng ba với 27 GW. Cả thế giới đạt 194 GW, trong đó có Việt Nam với 0,008 GW. Hơn 99% là điện gió hòa vào điện lưới.

Trong 30 năm **1980-2010**, năng lượng gió phát triển với tốc độ vũ bão, có thể sánh với sự phát triển của máy tính và công nghệ thông tin.

8.1 DẪN NHẬP

Gió là không khí chuyển động do mặt trời chiếu sáng trên trái đất tạo ra những điểm có nhiệt độ và dung trọng không khí khác nhau. Gió bão, cuồng phong là dạng quá mức và phá hoại của chuyển động này. Nhưng bình thường, có thể biến sức gió thành năng lượng hữu ích. Năng lượng gió đã được sử dụng từ ngàn năm trước để bơm nước; "Cối xay gió Hà Lan" được sử dụng ở châu Âu từ thế kỷ 12. Ngày nay, năng lượng gió chủ yếu để phát điện với qui mô lớn (trang trại gió) hoặc qui mô nhỏ để thay thế hoặc bổ sung các nguồn điện khác. Muốn sử dụng, trước hết cần biết một địa điểm có gió nhiều hay ít, đây là yếu tố chủ yếu quyết định sự thành công của động cơ gió.

8.2 SỐ LIỆU VỀ GIÓ

8.2.1 Hướng gió, đo tốc độ gió và mô hình hóa bằng hàm Weibull

Hướng gió là hướng mà từ đó gió thổi đến điểm đo, ví dụ gió thổi từ phương Nam đến gọi là gió Nam. Có 4 hướng chính từ 4 phương trời là Bắc (**N**, North), Nam (**S**, South), Đông (**E**, East) và Tây (**W**, West). Giữa 2 hướng gió chính (cách nhau 90°) là 3 hướng gió phụ (cách nhau $22,5^o$); ví dụ giữa gió Bắc và gió Đông là Đông-Bắc, Bắc Đông-Bắc, Đông Đông-Bắc.

Tốc độ gió và phân bố tốc độ trong năm là quan trọng nhất, quyết định thành bại của việc mua và lắp đặt thiết bị. Lý do vì công suất phát ra tỷ lệ với tam thừa vận tốc; tốc độ tăng gấp 2 lần, công suất tăng gấp 8 lần.

Địa điểm đo tốc độ gió

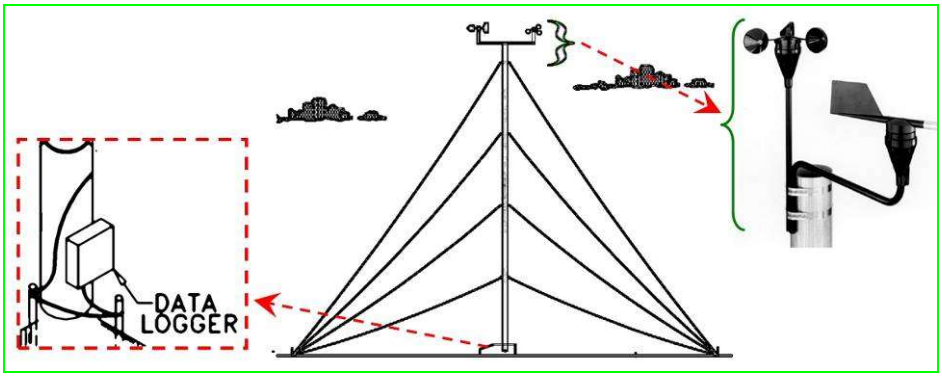
Chọn địa điểm đo bằng phẳng, tiêu biểu cho vùng sẽ lắp đặt tua-bin, xa các chướng ngại cục bộ làm nhiễu loạn gió như cây cao, nhà cao. Cột gió phải đặt xa ít nhất 15 lần chiều cao các chướng ngại này.

Độ cao đo gió

Để lắp đặt các tua-bin rất nhỏ, cột đo gió cần cao ít nhất 10 m so với mặt đất bằng phẳng; hoặc cao hơn ngọn cây 10 m với một rừng cây. Các tua-bin lớn tùy qui mô, cần cột gió cao 40 – 80 m.

Thiết bị đo gió

Cảm biến đo gió thường có dạng chén (*cup*) hoặc chong chóng (*propeller*), được lắp trên đầu cột đo (Hình 8.1). Tốc độ quay do tác động của gió được chuyển thành tín hiệu điện và truyền đến bộ ghi lưu (*data logger*)



Hình 8.1. Cột đo gió và các thiết bị đo

Gian cách đo và thời gian đo

Xưa khi còn ghi thủ công, thời gian đọc ghi cũng phải tối thiểu 6 giờ. Nay với thiết bị ghi lưu, qui chuẩn gian cách là 10 phút; số lưu là trung bình từ bộ nhớ tạm đọc cách nhau vài giây.

Để có số liệu về tốc độ gió và phân bố gió, cần đo liên tục trong 12 tháng, sẽ tiên đoán được trung bình thực ±10% với mức tin cậy 90%. Với công trình lớn, cần số liệu của 2 – 10 năm đo gió.

Tốc độ gió trung bình

$\overline{V}$ là số trung bình của các tốc độ gió trong một thời gian nhất định (1 ngày, 1 tháng, hoặc 1 năm).

Lưu ý về đơn vị đo: Đơn vị chính thức là **m/s**.

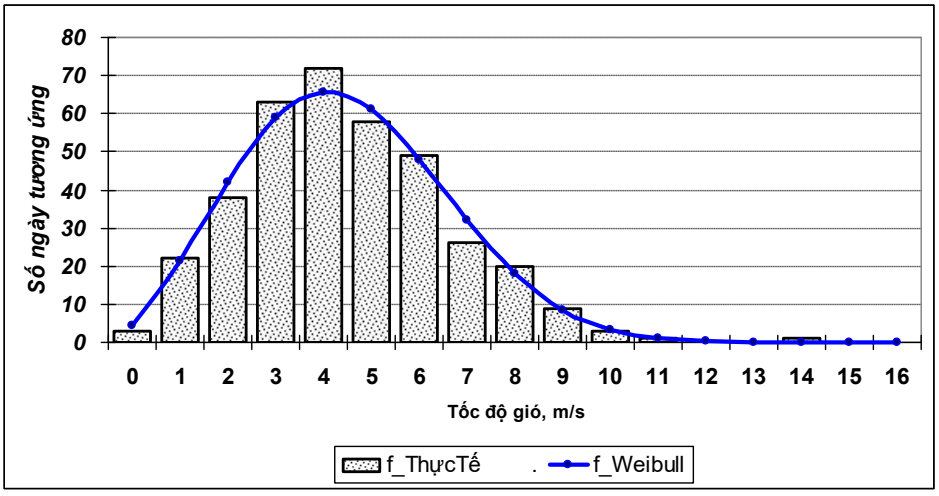
Các đơn vị khác: 1 km/giờ = (1 / 3,6) m/s;

1 mile/hr ≈ 1,6 km/giờ; 1 knot/hr ("gút"/giờ) ≈ 1,8 km/giờ

Phân bố tốc độ gió và hàm Weibull

Biết tốc độ gió trung bình chỉ là một mặt. Hai địa điểm đều có gió trung bình 8 m/s, nhưng số ngày tua-bin không hoạt động được khác nhau (do gió yếu dưới 3 m/s không khởi động được, hoặc quá mạnh hơn 20 m/s nên tua-bin được bảo vệ không quay) thì năng lượng phát ra có thể chênh lệch đến 3 lần.

Hình 8.2 minh họa số liệu gió trong năm (đồ thị cột), số ngày có gió theo từng tốc độ cụ thể. Xử lý thống kê cho ra tốc độ trung bình V_{tb} = 4,98 m/s và độ lệch chuẩn s =2,14 m/s, giúp hình dung độ biến thiên của tốc độ gió.



Hình 8.2. Phân bố gió trong năm, và mô hình hóa bằng hàm Weibull
(Qui ước: Ví dụ 3 m/s = từ 3 đến 3,99 m/s; tính với 3,5 m/s)

Để thuận tiện cho việc tính công suất và năng lượng phát ra trong năm, người ta mô hình hóa số liệu đo được. Phổ biến và được chấp nhận phù hợp là hàm ***Phân bố Weibull***.

Định nghĩa hàm phân bố xác suất Weibull:

$$f(V) = \left(\frac{k}{c}\right)\left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{V}{c}\right)^{k}\right)$$

với: V = Tốc độ gió, m/s.

k = Hệ số hình dạng biến thiên tốc độ so với tốc độ trung bình (xác định dạng của hàm phân bố xác suất, Hình 8.3.)

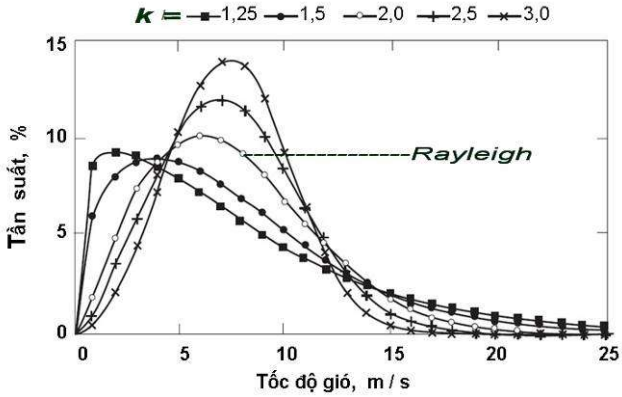
c = Hệ số tỷ lệ. $c = \dfrac{V_{tb}}{\Gamma(1 + 1/k)}$

với $\Gamma(1 + 1/k)$ = Hàm gamma của $(1 + 1/k)$.

Hệ số k được xác định qua phân tích hồi qui với tỷ số s/V_{tb} (độ lệch chuẩn s trên số trung bình V_{tb}:

$$k = (s / V_{tb})^{-1,086}$$

Ví dụ ở bộ số liệu ở Hình 8.2, $s/V_{tb} = 0,429$ tính được $k = 2,51$.
Thực tế , k = 1,2- 1,5 nếu biến thiên nhiều; k = 2,0- 3,0 nếu ít biến thiên.
(k = 2, trường hợp đặc biệt, là Phân bố Rayleigh)



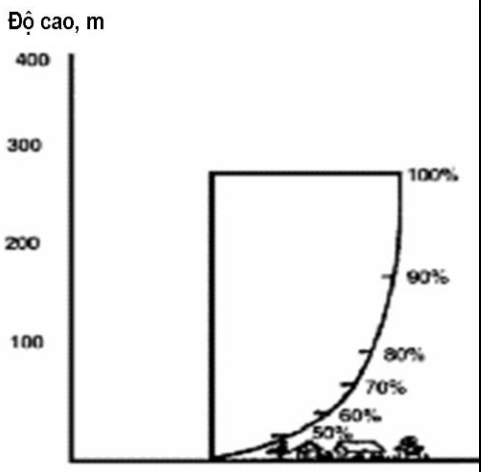
Hình 8.3. Hàm Weibull về tần suất phân bố tốc độ gió

Có được hệ số k, tính được hàm gamma của $(1 + 1/k)$ và hệ số tỷ lệ c.
Do tính toán với hàm gamma khá phức tạp, vả lại $(1+1/k)$ chỉ thay đổi trong khoảng nhỏ từ 1,18 đến 2,0 ứng với k từ 5,5 xuống 1,0 hoặc tỷ số s/V_{tb} từ khoảng 0,2 đến 1,0, nên có thể đơn giản thay hàm gamma bằng đa thức:

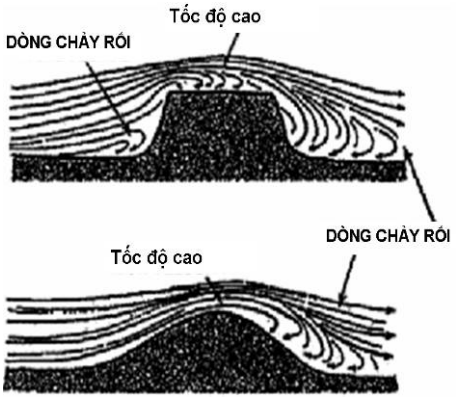
$$\Gamma(x) \int_0^{\infty} e^{-t}\, t^{x-1}\, dt \approx 3,0726 - 4,393\, x + 3,3005\, x^2 - 1,1495\, x^3 + 0,1693\, x^4$$

Biết k và c, tính được hàm phân bố Weibull trên, nghĩa là số ngày có gió tương ứng với mỗi tốc độ V (Hình 8.2, đường cong).

8.2.2 Ảnh hưởng của độ cao và địa hình đến tốc độ gió



Hình 8.5. Tốc độ gió theo độ cao



Hình 8.4. Giảm gió cục bộ (*windshear*)

Tốc độ gió còn bị ảnh hưởng của ***địa hình***, do *"vật cản gió cục bộ"* (*windshear)*, là độ giảm tốc độ do địa hình, cây cối, nhà cửa, v.v.

- Một vật thể như nhà cao, cây cao H (m) ảnh hưởng đến gió ở độ cao 2 H và xa dưới gió đến 10- 20 H.
- Trong vòng 1 km^2 phẳng, một đồi dốc cứ cao hơn 100 m so với cao độ trung bình sẽ có tốc độ gió cao hơn 0,25 m/s.
- Độ nhám địa hình: Tất cả các tốc độ gió đo ở 65 m đều phải giảm với hệ số thích hợp, tùy thuộc địa hình khi tính ở 30 m cho động cơ cỡ nhỏ. Ví dụ: đồng cỏ, nhân với 0,89; phố xá, nhân 0,71; rừng cây, nhân với 0,60.

Tốc độ gió thay đổi theo ***độ cao***: $\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{H_2}{H_1}\right)^n$

với V_1 = tốc độ ở độ cao chuẩn H_1, và V_2 = tốc độ ở độ cao H_2

n = Hệ số cản cục bộ do địa hình

Tiêu biểu $n = 0{,}18$.

Địa hình mấp mô, gió rối: $n = 0{,}22$.

Địa hình rất bằng phẳng, hoặc trên mặt nước $n = 0{,}11$.

Các cột đo gió để lắp đặt tua-bin lớn hiện nay đo ở H_1 = 60 m hoặc 80 m. Các cột đo gió khí tượng hoặc cho tua-bin rất nhỏ thường đo ở H_1 = 10 m. Dùng công thức trên để suy ra tốc độ gió ở những độ cao lắp đặt cụ thể. Lưu ý không áp dụng ở các địa điểm gần các vật chướng ngại cục bộ (cây cối, nhà cao tầng) gây nhiễu loạn dòng chảy (*turbulence*).

8.2.3 Thang tốc độ gió

Hiện nay, áp dụng phổ biến nhất là Thang tốc độ gió BEAUFORT (*Beaufort scale*). Lúc đầu (khoảng năm 1800) chỉ mô tả định tính; sau này đã có định lượng với dụng cụ đo (Bảng 8.1), nhưng trong thông báo vẫn chỉ căn cứ vào quan sát của người. Mô tả gốc bằng tiếng Anh cũng mất thời gian dài để đồng thuận. Dịch ra tiếng Việt hiện chưa thống nhất lắm (gió nhẹ, gió nhỏ, gió mạnh, gió to !?).

Bảng 8.1. Thang tốc độ gió BEAUFORT

Beaufort number ***Cấp gió***	**Description** ***Tên gọi***	***Tốc độ*** **km/h**	**m/s**	**Observations.** ***Quan sát***
0	Calm *Tĩnh lặng*	< 1	< 0,3	Smoke rises vertically. *Khói lên thẳng.*
1	Light air *Gió rất nhẹ*	1,1–5,5	0,3–1,5	Smoke drift indicates wind direction *Khói lệch theo hướng gió*
2	Light breeze *Gió nhẹ nhẹ*	5,6–11	1,6–3,4	Leaves rustle and wind vanes begin to move. *Lá cây xào xạt*
3	Gentle breeze *Gió nhẹ êm*	12–19	3,4–5,4	Leaves and small twigs constantly moving, light flags extended. *Lá và cành cây nhỏ rung động.*
4	Moderate breeze *Gió nhẹ vừa*	20–28	**5**,5–7,9	Dust and loose paper raised. Small branches begin to move. *Bụi và mảnh giấy nhỏ bắt đầu bay. Cành nhỏ lung lay*
5	Fresh breeze *Gió nhẹ*	29–38	8,0–10,7	Branches of a moderate size move. Small trees in leaf begin to sway. *Cành hơi lớn lung lay.*
6	Strong breeze *Gió hơi mạnh*	39–49	10,8–13,8	Large branches in motion. Whistling heard in overhead wires. *Cây nhỏ có lá lung lay. Dây điện đường vi vu*

Bảng 8.1 (tiếp)

Cấp gió	*Tên gọi*	km/h	m/s	Observations. *Quan sát*
7	Moderate gale *Gió khá lớn*	50–61	13,9–17,1	Whole trees in motion. Effort needed to walk against the wind. *Cây to rung chuyển, khó đi bộ ngược gió*
8	Fresh gale *Gió lớn*	62–74	17,2–20,7	Some twigs broken from trees. Progress on foot is seriously impeded. *Cành nhỏ bị bẻ gãy. Không đi ngược gió được*
9	Strong gale *Gió rất lớn*	75–88	20,8–24,4	Some branches break off trees, and some small trees blow over. *Cành lớn gãy. Cây nhỏ trốc rễ.*
10	Storm, Whole gale *Gió bão*	89–102	24,5–28,4	Trees are broken off or uprooted, saplings bent and deformed. Poorly attached asphalt shingles and shingles in poor condition peel off roofs. *Hư hại nhà cửa, giật ngói trên mái nhà.*
11	Violent storm *Gió bão dữ dội*	103–117	28,5–32,6	Widespread damage to vegetation. Many roofing surfaces are damaged; asphalt tiles that have curled up and/or fractured due to age may break away completely. *Bật rễ cây; tốc mái nhà*
12	Hurricane *Bão cuồng phong*	≥ 118	≥ 32,7	Very widespread damage to vegetation. Some windows may break; mobile homes and poorly constructed sheds and barns are damaged. Debris may be hurled about. *Sức tàn phá lớn: Vỡ cửa kính, nhà tạm bợ bị đổ.*

8.2.4 Số liệu đánh giá năng lượng gió ở Việt Nam

Trước 2000, số liệu gió ở Việt Nam chỉ dựa trên các trạm khí tượng với cột đo gió khoảng 10 m hoặc thấp hơn, vừa thiếu chính xác, vừa không đủ ở mức "khoanh vùng". Một tỉnh ít gió, nhưng có thể 1- 2 huyện nhiều gió. Ví dụ Quảng Ngãi không có gió; thực sự, gió ở Dung Quất cũng khá nhiều. Ví dụ trước đây có tài liệu viết "tốc độ gió ở Phan Thiết hơn 4 m/s", như thế không ích dụng gì lắm. Sau này tại Tuy Phong (Bình Thuận) lại là nơi lắp đặt những tua-bin gió đầu tiên ở Việt Nam. Đặc biệt vùng núi coi như bỏ trống vì các trạm khí tượng thường nằm ở nơi bằng phẳng hoặc dọc theo biển.

Từ 2000, do có nhiều Dự án điện gió cỡ lớn, nên có nhiều số liệu hơn, đo ở độ cao chuẩn 65 m, tuy nhiên đa số nằm ở hồ sơ các công ty liên quan. Công chúng chỉ biết tổng quát, ví dụ ở Phương Mai (Bình Định) có đủ gió

để lập nhà máy phong điện. Một số hiếm hoi được công bố, ví dụ gió ở Huyện Cần Giờ, Tp Hồ Chí Minh đo ở độ cao 30 m.

Trước 2006, tài liệu tổng hợp khá đầy đủ nhất là *Atlas Gió Đông Nam Á* (gồm 4 nước Campuchia, Lào, Thái Lan, và Việt Nam) do Công ty TrueWind Solutions công bố năm 2001, nghiên cứu cho Ngân hàng Thế giới WB. Nghiên cứu sử dụng phần mềm lập bản đồ gió *MesoMap* của Bộ Năng lượng Mỹ; phần mềm này đã được sử dụng đánh giá tài nguyên gió ở nhiều địa điểm ở Mỹ, Âu châu và Á châu.

Kết quả dựa trên xử lý nhiều mẫu đo lường trong nhiều ngày từ 1984 đến 1998, và được kiểm chứng chính xác ở mức 4 %. Tốc độ gió phân bố theo hàm Weibull.

Trích một số kết quả liên quan đến Việt Nam từ *Atlas Gió Đông Nam Á*.

(Hình 8.6, 8.7, và 8.8):

- ✓ Việt Nam có tiềm năng gió trên 28 000 km^2 hay khoảng 9 % diện tích đất tự nhiên. Tiềm năng với diện tích này là 110 000 MW, lớn gấp 4 lần so với Lào, và gấp hơn 40 lần so với Thái Lan và Campuchia. Lưu ý có đến 40 % dân số nông thôn sinh sống trong vùng tiềm năng này, so với chỉ 5- 13 % đối với Campuchia, Thái Lan và Lào.
- ✓ Vùng có gió nhiều tập trung ở các ven biển Trung bộ và Nam bộ.
- ✓ Hình 8.6 là bản đồ gió trung bình hàng năm ở độ cao 65 m cho thiết bị gió cỡ lớn để hòa điện lưới, và 30 m cho cỡ nhỏ độc lập. Với động cơ gió cỡ lớn, tốc độ 7 m/s trở lên được coi là tốt (màu vàng đến màu đỏ). Với động cơ gió cỡ nhỏ, tốc độ 5 m/s (màu lục nhạt hơi vàng) đã được coi là tốt.
- ✓ Gió trung bình hàng năm ở độ cao 65 m tập trung nhiều nơi ở Tây nguyên và ven biển Trung bộ và Nam bộ. Các vùng này chắn gió mùa từ hướng Đông Bắc vào tháng 10 đến tháng 5, và từ hướng Tây Nam vào tháng 6 đến tháng 9. Nhiều địa hình cục bộ có nhiều gió do khối không khí chuyển động lên theo sườn núi, hoặc do không khí lạnh tràn xuống. Gió mùa Đông Bắc hợp với gió ven biển tăng tốc tạo nên nguồn gió mạnh ven biển, đặc biệt với các bán đảo nhô ra từ bờ biển (*Ghi chú*: điều này được chứng nghiệm với bán đảo Phương Mai, Bình Định).
- ✓ Gió trung bình hàng năm ở độ cao 30 m cũng tập trung ở các vùng Tây nguyên và ven biển Trung bộ và Nam bộ, và ở ven biển Bắc bộ. Vùng núi Tây Bắc hầu như không có đủ gió cho phát điện.

Tốc độ gió (m/s)	Công suất (W/m^2)
<5,5	<200
5,5 - 6,0	200 - 250
6,0 - 6,5	250 - 320
6,5 - 7,0	320 - 400
7,0 - 7,5	400 - 500
7,5 - 8,0	500 - 600
8,0 - 8,5	600 - 720
8,5 - 9,0	720 - 850
9,0 - 9,5	850 - 1000
>9,5	>1000

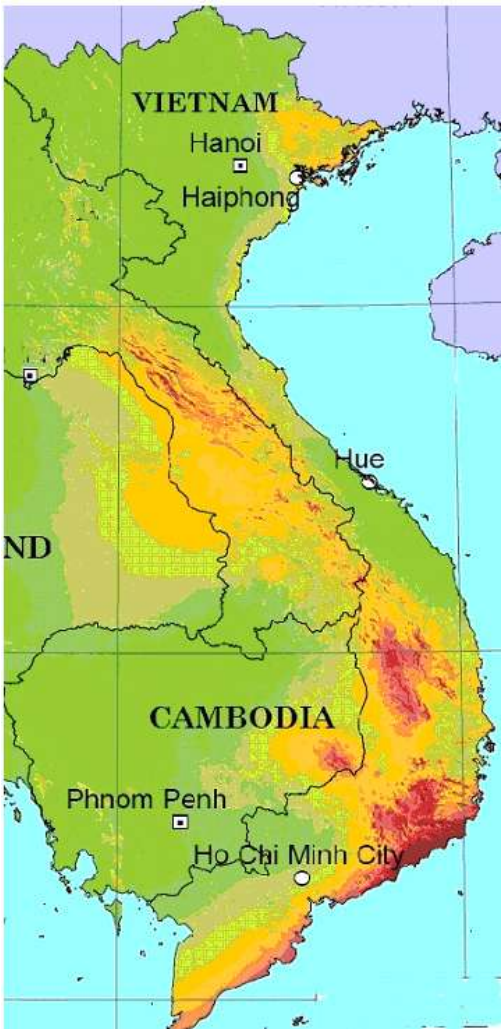
Gió trung bình hàng năm
ở độ cao 65 m

Tốc độ gió (m/s)
<4,0
4,0 - 4,5
4,5 - 5,0
5,0 - 5,5
5,5 - 6,0
6,0 - 6,5
6,5 - 7,0
7,0 - 7,5
7,5 - 8,0
>8,0

Gió trung bình hàng năm
ở độ cao 30 m

Hình 8.6. Gió trung bình hàng năm ở độ cao 65 m và 30 m
ở các vùng ven biển và đồng bằng Việt Nam.

(Photo: phỏng theo TrueWind Solutions, LLC. 2001)

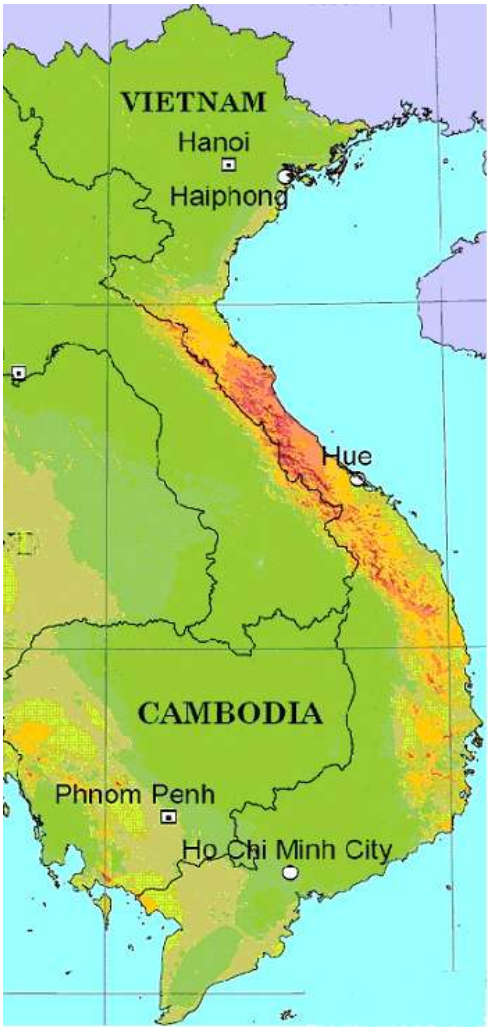


Xuân (tháng 12- 2 DL) / Dec-Feb

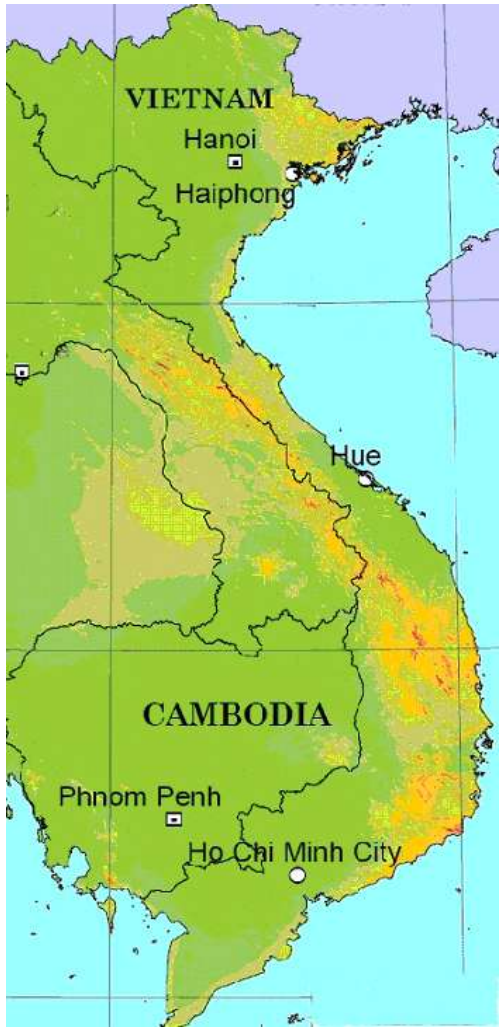
Hạ (tháng 3- 5 DL) / Mar-May

Tốc độ gió (m/s)	*Công suất (W/m2)*
< 5,5	< 200
5,5 - 6,0	200 - 250
6,0 - 6,5	250 - 320
6,5 - 7,0	320 - 400
7,0 - 7,5	400 - 500
7,5 - 8,0	500 - 600
8,0 - 8,5	600 - 720
8,5 - 9,0	720 - 850
9,0 - 9,5	850 - 1000
> 9,5	> 1000

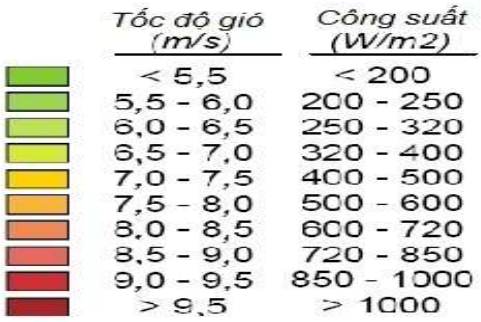
Hình 8.7: Gió trung bình hàng năm ở độ cao 65 m vào mùa Xuân và mùa Hạ, ở các vùng ven biển và đồng bằng Việt Nam.



Thu (tháng 6- 8 DL) / Jun-Aug



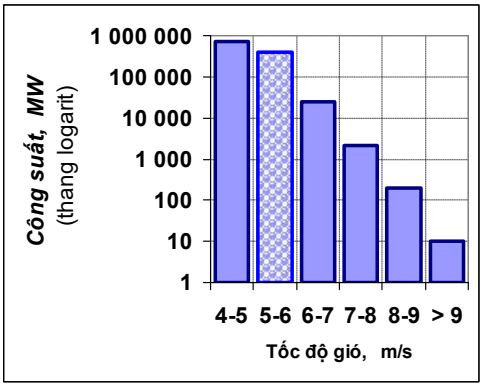
Đông (tháng 9- 11 DL) / Sep-Nov



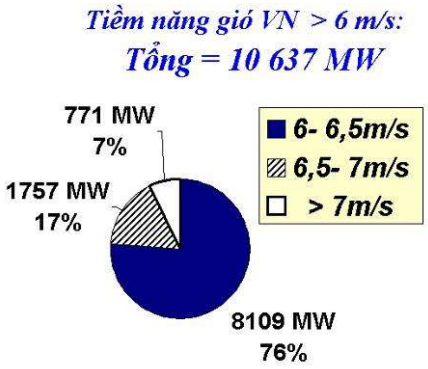
Hình 8.8. Gió trung bình hàng năm ở độ cao 65 m vào mùa Thu và mùa Đông, ở các vùng ven biển và đồng bằng Việt Nam.

- ✓ Gió thay đổi nhiều theo mùa (Hình 8.6 và 8.7), ví dụ tháng 3 đến tháng 5 rất ít gió. Tương phản nhất về địa điểm là vào mùa Xuân và mùa Thu, tương ứng với gió mùa Đông-Bắc và gió nồm Tây-Nam. Gió mùa Đông-Bắc cũng tạo nên vùng gió mạnh ở ven biển Nam bộ, vì khi chạy qua cực Nam dãy Trường Sơn tạo nên vùng áp thấp kéo gió từ ngoài biển đến dọc ven biển.
- ✓ Tài liệu cũng *cảnh báo* cần nhiều đo lường tại nhiều địa điểm với độ chính xác cao để kiểm chứng thêm và xác định rõ hơn các địa điểm nhiều tiềm năng nhất. Các số liệu có thể thay đổi nhiều vì nhiều yếu tố địa hình cục bộ.

Từ 2007 đến 2010, WB và tổ chức GIZ (Đức) tài trợ Bộ Công Thương để tinh chỉnh Atlas gió. Kết quả từ nhiều nguồn có hơi khác nhau, và tái xác nhận Việt Nam là nước nhiều gió nhất ở Đông Nam Á. Hình 8.9 và 8.10 là số liệu cập nhật về tiềm năng gió ở Việt Nam (N.T.Khanh 2012, N.H.Dũng 2013, B.V.Thịnh 2014). Bốn tỉnh có diện tích nhiều nhất ứng với tốc độ gió trên 6 m/s là Bình Thuận (810 km^2), Gia Lai (540 km^2), Ninh Thuận (510 km^2), và Đắk-Lắk (270 km^2). Lưu ý tiềm năng ở tốc độ gió lớn hơn 8 m/s không nhiều; nhưng tiềm năng ở ***tốc độ gió 5- 6 m/s*** rất lớn, gấp 15 lần với tốc độ gió hơn 6 m/s. Điều này đặt ra vấn đề thiết kế các thiết bị gió sử dụng dãi tốc độ này một cách hiệu quả.



Hình 8.9: Tiềm năng gió ở Việt Nam

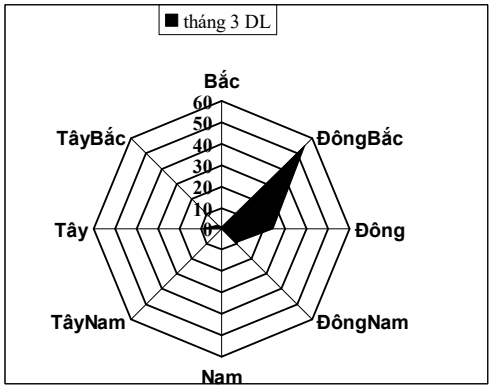


Hình 8.10. Tiềm năng gió hơn 6m/s ở Việt Nam

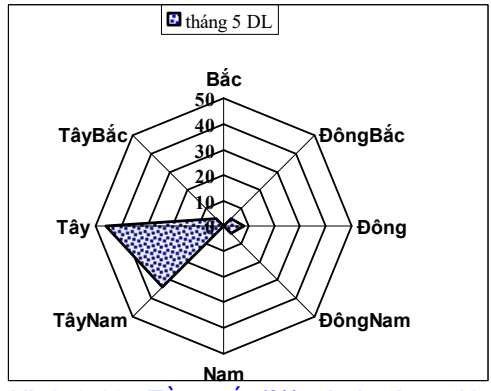
8.2.5 Vài kết quả khảo sát và đo đạc 2007

Năm 2007, Trường Đại học Nông Lâm Tp Hồ Chí Minh và Công ty Thiết bị Điện Miền Nam phối hợp nghiên cứu thu thập số liệu về gió ở một số địa phương Tây nguyên (Hình 8.11 và 8.12 được vẽ từ số liệu ở Bảng 8.2).

Lưu ý số liệu địa phương được đo với cột đo gió thông thường của các trạm khí tượng.



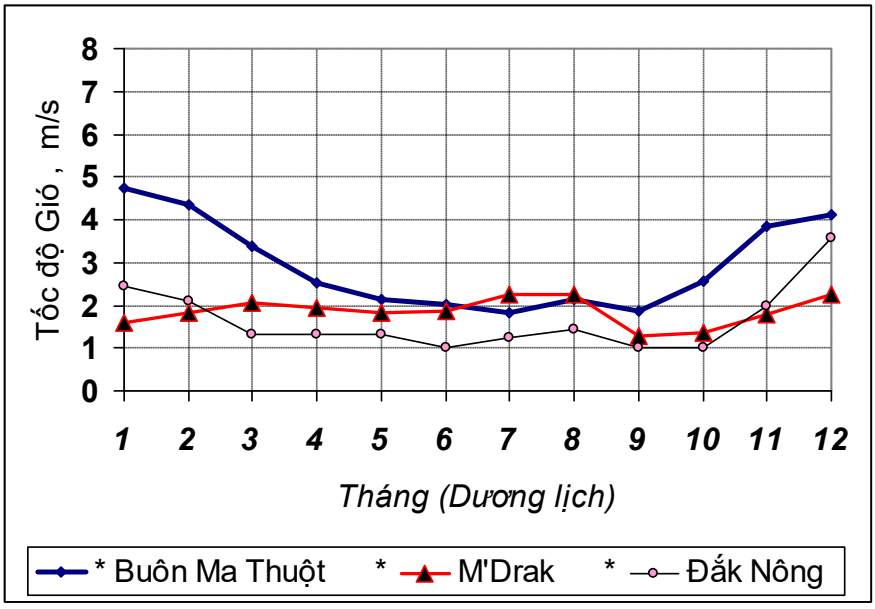
Hình 8.11. Tần suất (%) các hướng gió, các **tháng 3** DL ở TP Pleiku, , chủ yếu từ Tây và Tây Nam



Hình 8.12. Tần suất (%) các hướng gió, các **tháng 5** DL ở TP Pleiku, chủ yếu từ Đông và Đông Bắc.

Bảng 8.2. Tần suất (%) các hướng gió ở Thành phố Pleiku

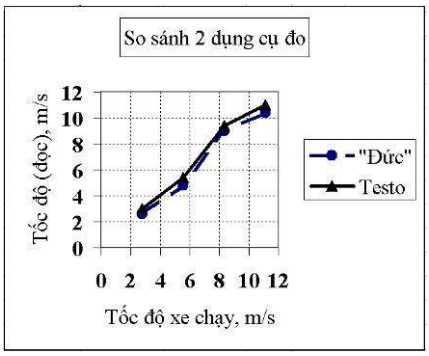
Tháng DL	Bắc	Đông Bắc	Đông	Đông Nam	Nam	Tây Nam	Tây	Tây Bắc	Lặng gió	*Tổng %*
1	11	74	14	1	0	0	0	0	0	*100*
2	3	65	13	7	0	0	6	4	2	*100*
3	1	55	24	9	0	0	9	2	0	*100*
4	0	36	26	15	0	5	11	5	2	*100*
5	0	4	8	4	0	34	46	4	0	*100*
6	0	0	4	0	0	58	34	3	1	*100*
7	0	0	0	0	0	49	51	0	0	*100*
8	0	0	0	0	0	53	44	3	0	*100*
9	0	3	0	0	0	55	38	4	0	*100*
10	2	63	16	8	0	3	8	0	0	*100*
11	6	75	15	4	0	0	0	0	0	*100*
12	8	76	14	2	0	0	0	0	0	*100*



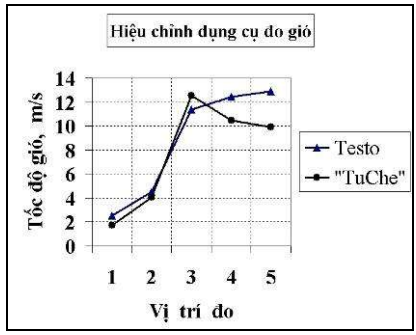
Hình 8.13. Tốc độ gió trung bình trong ba năm 1997, 1998, 1999 tại Buôn Ma Thuột, M'Drak, và Dak-Nong (độ lệch chuẩn các số trung bình cùng tháng của các năm ≈ 0,5 m/s)

Đã chế tạo một dụng cụ đo gió có ghi lưu và chỉ cân chỉnh theo 2 dụng cụ đo thương mại (Hình 8.14 và 8.15), và đo đạc ở một số địa điểm, để xem có nên lắp đặt tua-bin gió hay không ở các địa điểm này (Hình 8.16). Dĩ nhiên, các số liệu thu thập và đo đạc này với cột gió thấp dưới 15 m không thể sử dụng cho điện gió cỡ lớn; làm lớn cần thiết bị đo đạc chính qui và kỹ lưỡng hơn.

Hình 8.14. Dụng cụ đo gió tự chế

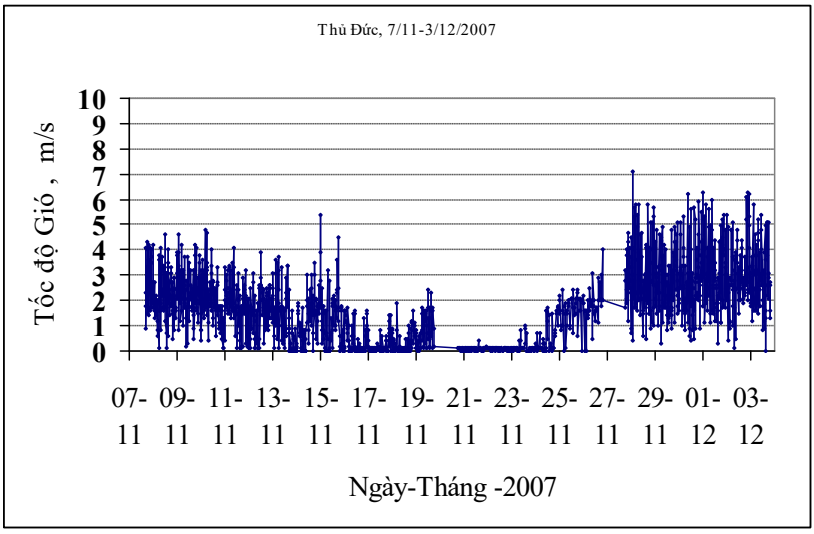


(a) Kiểm tra hai dụng cụ Testo và "Đức" theo tốc độ xe chạy khi gió lặng



(b) Hiệu chỉnh dụng cụ đo tự chế theo dụng cụ đo gió Testo

Hình 8.15. Hiệu chỉnh dụng cụ đo gió tự chế



Hình 8.16. Tốc độ gió tại Thủ Đức (Trường ĐHNL) từ 8-11 đến 3-12 năm 2007 (Nguyễn Ngọc Chinh và ctv. 2007)

8.3 NĂNG LƯỢNG CỦA ĐỘNG CƠ GIÓ

Từ vựng: *Động cơ gió = tua-bin gió (tiếng Anh: wind turbine)*

8.3.1 Công suất động cơ gió

Điểm nhấn mạnh tầm quan trọng của tốc độ gió: công suất phát ra tỷ lệ với tam thừa tốc độ gió. **Công suất = f (tốc độ)^3**. Tốc độ gấp 2, lượng gió gấp 8.

Chứng minh như sau:

Một tua-bin gió đường kính d (m), nghĩa là Diện tích quét $A = \pi (d^2/4)$ gặp luồng gió vận tốc V (m/s). Gọi m (kg) là khối lượng gió chảy qua tua-bin, và ρ là khối lượng riêng của không khí (kg/m^3).

Công suất tạo được: $P = (1/2)\, m\, V^2 = (1/2)\, (\rho\, A\, V)\, V^2$

$$\boldsymbol{P = (1/2)\ \rho\ A\ V^3}$$

[watt] [kg/m^3] [m^2] [m/s]

Vậy công suất lý thuyết tạo ra tỷ lệ với: •khối lượng riêng của không khí; •bình phương đường kính tua-bin; •tam thừa vận tốc gió.

Betz năm 1926 đã chứng minh (Lysen 1983) từ công thức trên, công suất lý thuyết tối đa có thể đạt: $P = (16/27)\ (1/2)\ \rho\ A\ V^3$

nghĩa là hiệu suất tối đa là $16/27 =$ **59,3%**.

Lý do là sau cánh quạt, không còn là vận tốc V nữa, và số cánh hữu hạn.

Thực tế, đã đúc kết (Goswami 1986): Hiệu suất 15- 30% với các tua-bin gió ở tốc độ thấp, ≈40% với vài loại tua-bin hoạt động ở tốc độ cao (Hình 8.14).

Số liệu thực tế của một tua-bin gió 2 MW (2000 kW):

Tốc độ gió V, m/s	3	5	8	9	10
Công suất lý thuyết $P_{LT} = f(V^3)$, kW	54	250	1024	1458	2000
Công suất thực tế $P_{tte} = f(V^{3,279})$, kW	8,6	238	1037	1483	2000

(Nguồn: GUODIAN wind turbine Model UP 2000-96)

Từ 2000 kW ở 10 m/s giảm xuống cả mười lần đến trăm lần vì tốc độ thấp, vấn đề rất đáng quan tâm. Khi đọc tài liệu giới thiệu tua-bin gió, cần để ý công suất ở tốc độ định mức nào. Ví dụ tua-bin công suất 7,5 kW định mức ở 12 m/s thì trong điều kiện gió trung bình 6 m/s (như ở Bình Thuận) công suất phát ra chưa được 1 kW.

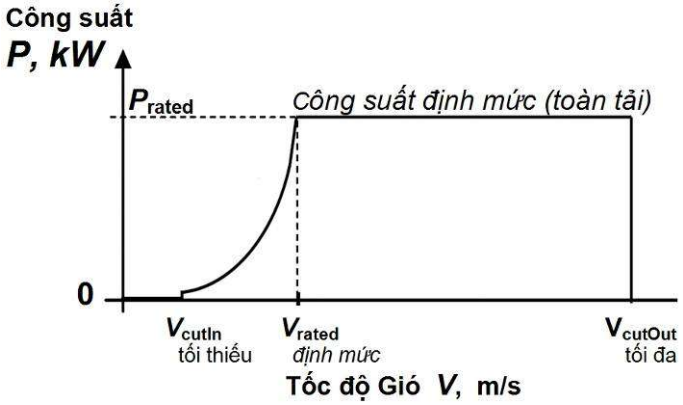
8.3.2 Năng lượng động cơ gió phát ra

Cho một động cơ gió công suất định mức P_{rated} kW ở tốc độ V m/s, không phải đơn giản nhân với 8760 giờ của năm là biết được năng lượng E kWh phát ra. Có các yếu tố ảnh hưởng sau:

(a) Phân bố tốc độ gió thay đổi trong năm (Hình 8.2).

(b) Tốc độ trung bình V_{tb} ở trục lắp rô-to tua-bin khác với tốc độ *định mức* V_{rated} của nhà sản xuất (thường trong khoảng 10- 12 m/s). Nếu tốc độ chỉ bằng một nửa định mức, công suất giảm 8 lần.

(c) Tùy thiết kế, tua-bin không hoạt động (công suất $P = 0$) nếu tốc độ thấp hơn một mức *tối thiểu* (V_{cutIn} thường khoảng 4 m/s) hoặc tốc độ cao hơn một mức *tối đa* (V_{cutOut} thường khoảng 20 m/s, để bảo vệ thiết bị). Thêm nữa, từ tốc độ định mức đến tốc độ tối đa, nhà sản xuất thiết kế sao cho công suất không tăng, cũng để bảo vệ thiết bị (Hình 8.17).



Hình 8.17. Đặc điểm công suất tua-bin gió

(d) Ở mỗi tốc độ V, công suất giảm do cao độ địa điểm lắp đặt. Lắp ở Bảo Lộc cao 600 m, dung trọng không khí giảm 5,5%, công suất cũng giảm tương ứng. Công suất cũng giảm do địa hình cục bộ và chảy rối.

Vì thế để ước tính năng lượng phát ra, cần chia miền tốc độ hoạt động của tua-bin (V_{cutIn}- V_{cutOut}) thành những khoảng bằng nhau (gian cách 0,5 hoặc 1 m/s). Trong mỗi khoảng i, ứng với tốc độ Vi, dùng hàm Weibull để tính số giờ t_i có gió tương ứng; công suất tương ứng P_i có xét đến các yếu tố ảnh hưởng trên; và năng lượng $E_i = P_i * t_i$. Năng lượng nhận được = ΣE_i. Tính toán có dạng tương tự như Bảng 8.3:

Bảng 8.3: Bảng tính Excel để tính năng lượng gió

SỐ LIỆU ĐẦU VÀO (tô màu)			
Công suất định mức:	P_{rated} =	**10**	kW
Tốc độ định mức:	V_{rated} =	**10**	m/s
Tốc độ tối thiểu	V_{cutIN} =	**2,9**	m/s
Tốc độ tối đa	V_{cutOUT} =	**20**	m/s
Tốc độ gió (đo) trung bình	V_{avmeas} =	**6**	m/s
Cao độ địa điểm	$Z_{altitude}$ =	**50**	m
Hệ số cản cục bộ	$F_{windshear}$ =	**0,180**	
Chiều cao cột đo gió:	H_1 =	**15**	m
Chiều cao trục rô-to:	H_2 =	**10**	m
Hệ số chảy rối:	$F_{turbulence}$ =	**0,0%**	
(Weibull) Hệ số hình dạng (từ số liệu đo):	K_{shape} =	**2,51**	
SỐ LIỆU TÍNH TOÁN			
(Weibull) Hệ số tỷ lệ:	C_{scale} =	6,76	m/s
tính từ (1 + 1/ k)	=	1,399	
$G(x)$ = Gamma(1 + 1/k)	=	0,888	
Tốc độ ngang trục rô-to:	V_{hub} =	5,58	m/s
Hệ số dung trọng KK:	$F_{airdensity}$ =	0,46%	
KẾT QUẢ			
Công suất phát trung bình	=	**3,14**	**kW**
Lượng điện phát ra hàng năm (làm tròn)	=	**27 530**	**kWh**
được tính theo hàm Weibull = WEIBULL(X, alpha, beta, cumulative) = WEIBULL(V_i, K_{shape}, C_{scale}, FALSE)			

Tốc độ gió V_i, m/s	X,suất f(V_i) Weibull)	Công suất P_i, kW	t_i Số giờ / năm	Năng lượng E_i, kWh	Ghi chú
0	0,0073	*0,00*	64	0	
1	0,0375	*0,00*	329	0	
2	0,0763	*0,00*	668	0	
3	0,1135	0,43	994	424	= V_{cutIN}
4	0,1401	0,91	1227	1 113	
...					
9	0,0592	8,53	519	4 430	
10	0,0353	11,52	309	3 562	= V_{rated}
11	0,0187	11,52	164	1 887	
...					
19	0,0000	11,52	0	0	
20	0,0000	11,52	0	0	= V_{cutOUT}
21	0,0000	***0,00***	0	0	
Tổng =	1,000		8763	**27 527**	**kWh**

8.3.3 Công suất thay đổi theo loại tua-bin gió

Với cùng một tốc độ tại một thời điểm và địa điểm cụ thể, công suất phát ra tùy loại và thiết kế của động cơ gió.

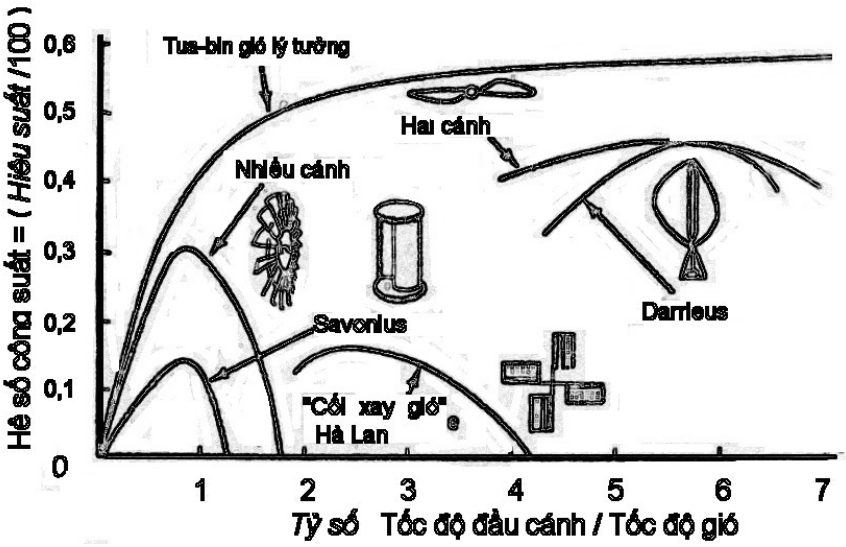
Công suất tạo được tỷ lệ với: khối lượng riêng ρ của không khí; bình phương đường kính tua-bin D; và tam thừa vận tốc gió V:

$$P = C_p \, [(1/2)(\pi/4)] \, \rho \, D^2 \, V^3$$

với C_p = hệ số công suất (power coefficient)

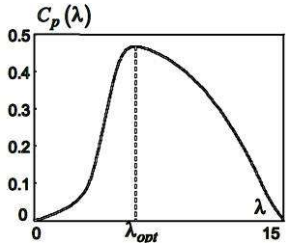
C_{pMax} = 0,593 = 59,3% (tối đa, theo Betz).

Thực tế, C_p thay đổi tùy thuộc *loại tua-bin* (Hình 8.18), và thay đổi theo tỷ số *lamda* λ = Tốc độ dài đầu cánh / Tốc độ gió $= \dfrac{Tip\ speed,\ m/s}{Wind\ speed,\ m/s}$



Hình 8.18. Hệ số công suất gió thay đổi theo tỷ số tốc độ đầu cánh và theo loại động cơ gió

Trong mỗi loại tua-bin, hàm số $C_p(\lambda)$ tùy thuộc thiết kế cụ thể, và có tỷ số tối ưu λopt với C_p cao nhất. Hình 8.19 là một ví dụ với loại tua-bin 3 cánh.



Hình 8.19. Hàm số $C_p(\lambda)$

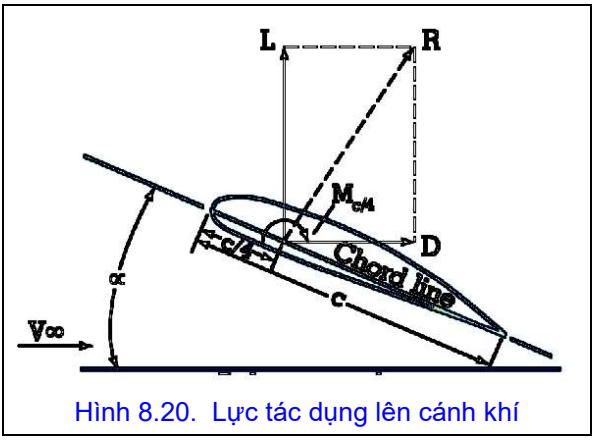
Phân loại động cơ gió theo các lực tác dụng lên cánh khí (*airfoil*).

Mặt cắt ngang của cánh tua-bin gió được xét về khí động học như một cánh khí (Hình 8.20). Gió có tốc độ V và góc α với dây cung (*chord line*) của cánh, tác dụng vào cánh khí tạo ra 2 lực: Lực đẩy D (*Drag*), và Lực nâng L (*Lift*). Lực nâng làm quay cánh tua-bin.

$D = 0{,}5\ \rho\ V^2\ A_f\ \ C_D$

$L = 0{,}5\ \rho\ V^2\ A_f\ \ C_L$

(từ thế kỷ 17, đã đo được các lực này)



Hình 8.20. Lực tác dụng lên cánh khí

Hệ số lực đẩy

$$C_D = \frac{D}{0{,}5\ \rho V^2\ A_f}$$

Hệ số lực nâng

$$C_L = \frac{L}{0{,}5\ \rho V^2\ A_f}$$

với: ρ = dung trọng không khí (kg /m^3)

A_f = diện tích chiếu của dây cung trên mặt thẳng góc với hướng gió.

Trong khoảng vận tốc nhỏ hơn tốc độ âm thanh, C_L và C_D tùy thuộc nhiều yếu tố:

C_L = f (Dạng cánh, Góc α) ;

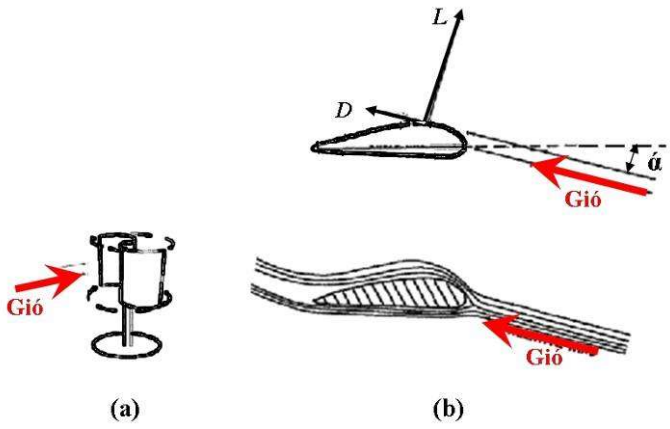
C_D = f (Dạng cánh, Góc α, Số Reynolds)

Các nghiên cứu nhằm giảm C_D vì lực đẩy gây tổn thất. Hệ số C_D càng thấp, hiệu suất càng cao, đây là bí quyết công nghệ của các nhà chế tạo.

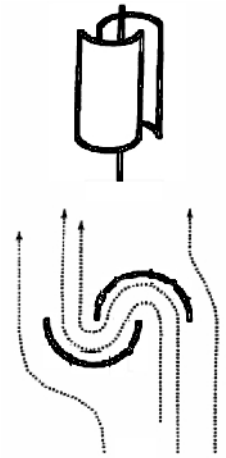
Dựa trên lực tác dụng của không khí vào cánh, người ta chia ra 2 loại tua-bin gió:

1) Loại đẩy (*drag type*): C_L/C_D thấp. Cánh dạng cong lõm.

2) Loại nâng (*lift type*): C_L/C_D cao. Cánh dạng khí động như cánh máy bay.



Hình 8.21. Hai loại cánh của động cơ gió
(a) Loại đẩy; (b) Loại nâng



Hình 8.22. Savonius

Tua-bin gió Savonius

Thuộc loại đẩy, dễ chế tạo, ví dụ lấy thùng phuy cắt đôi theo chiều dọc. Momen tự khởi động lớn, phù hợp với gió tốc độ thấp (Hình 8.21a và 8.22).

Khuyết điểm là khó điều khiển khi gió lớn; hiệu suất thấp; và cồng kềnh.

Tua-bin gió nhiều cánh (kiểu"Hoa kỳ")

Cũng là loại đẩy; có 16 – 24 cánh dạng lõm; mẫu hiện nay vẫn không khác mấy so với 100 năm trước.

Ưu điểm: đơn giản và bền; momen tự khởi động lớn; hoạt động được với gió yếu, tốc độ gió dưới 5 m/s.

Khuyết điểm: hiệu suất thấp, tháp đỡ chịu tải lớn; tốc độ chậm nên áp dụng chủ yếu cho bơm nước.

Loại nâng 3 cánh

Cánh dạng khí động như cánh máy bay; trục quay nằm ngang.

Ưu điểm: Hiệu suất cao 40– 45% khi hoạt động ở tốc độ cao, cụ thể:
Tỷ số λ (*Tốc độ đầu cánh /Tốc độ gió*) = 5– 6

Do đó loại này dùng ít vật liệu; thích hợp với phát điện; tháp đỡ chịu tải nhẹ so với công suất phát; từ đó có thể tăng đường kính lớn để đạt công suất lớn.

Loại này đòi hỏi momen tự khởi động nhỏ, và thiết kế phải theo dạng cánh khí động. So với loại 1 hoặc 2 cánh, thì 3 cánh phân bố lực đồng đều và ít rung, ít ồn hơn. So với loại 4, 5, hoặc 6 cánh (ở tỷ số tốc độ phù hợp λ 4-6) loại 3 cánh đạt hệ số công suất gió cao; chỉ thấp hơn 1-2%, không đáng để

chi phí thêm vật tư chế tạo cho 4-6 cánh. Hiện nay, tua-bin gió 3 cánh là ***chủ lực*** khắp thế giới (Hình 8.23 và 8.24).

Hình 8.23. Rô-to động cơ gió 600 kW (cắt rời)

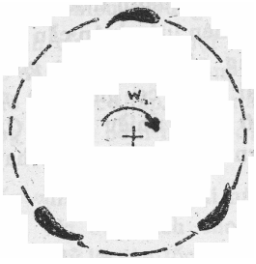
Hình 8.24. Động cơ gió loại nâng 3 cánh

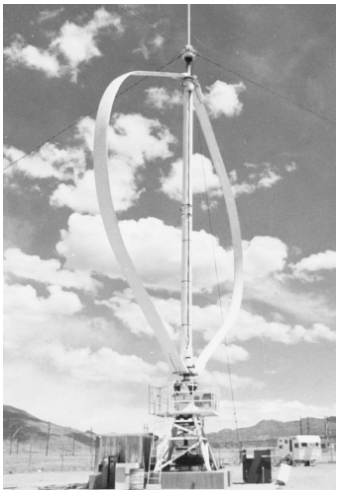
Tua-bin gió trục đứng (kiểu Darrieus)

Kết cấu gọn (Hình 8.25), đón gió mọi hướng; bộ phận cần chăm sóc nằm gần mặt đất

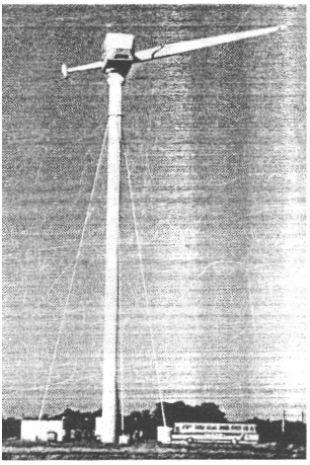
Nhưng khuyết điểm là không tự khởi động được và tốn mặt bằng hơn.

Ở Mỹ từ 1981 đã có tua-bin Darrieus 500 kW, nhưng hiện tại không phát triển thêm, vì nói chung cỡ lớn loại này giá mắc hơn trục ngang 3 cánh.





Hình 8.25. Động cơ gió Darrieus



Hình 8.26. Động cơ gió một cánh

Các thiết kế khác

- Tua-bin 1 cánh ở Đức: Đường kính 145 m, công suất thiết kế 5 MW.
- Tua-bin dạng cánh buồm trục đứng.

Nêu kể đủ loại tua-bin như trên (Darieus, 1 cánh…) để thấy quá trình tiến hóa, thiết kế qua thử nghiệm nhiều phương thức, để rồi ngày nay "hội tụ" với loại 3 cánh.

8.3.4 Phân loại tua-bin gió theo cỡ công suất

Phân loại cỡ tua-bin gió (Lớn-Nhỏ) cũng chưa thống nhất giữa các nước. Tạm theo tiêu chuẩn "*International Standard IEC 61400-2*", tua-bin gió cỡ **nhỏ** có diện tích quét nhỏ hơn 200 m^2, ứng với đường kính khoảng 16 m và công suất **75 kW**. (Vài phân loại khác lấy ranh giới 50 kW hoặc 100 kW).

Bảng 8.4. Ba hạng của động cơ gió cỡ nhỏ

	Cực nhỏ *Micro*	Rất nhỏ XS =*Extra Small*	Nhỏ S = *Small*
Diện tích quét A	$A \leq 3{,}5\ m^2$	$3{,}5\ m^2 < A \leq 40\ m^2$	$40\ m^2 < A \leq 200 m^2$
Đường kính rotor D	$D \leq 2{,}1$ m	$2{,}1\ m < D \leq 7$ m	$7\ m < D \leq 16$ m
Công suất định mức P	$P \leq 1$ kW	$1\ kW < P \leq 10 kW$	$10\ kW < P \leq 75$ **kW**

Vài con số để hình dung tương quan giữa hai cỡ công suất trên thế giới:

Cỡ tua-bin gió	Năm	Tổng số tua-bin	Tổng công suất MW	Sản lượng điện GWh
Nhỏ	2010	656 000	440	380
Lớn	2011	-	237 000	550 000

Nói chung, xu hướng thế giới là phát triển tua-bin gió cỡ lớn.

8.4 ỨNG DỤNG NĂNG LƯỢNG GIÓ CỠ NHỎ

Năng lượng gió cỡ nhỏ đã phát triển cả trăm năm trước, xem xét cỡ này giúp hiểu các vấn đề của cỡ lớn hơn.

8.4.1 Chọn địa điểm đặt động cơ gió

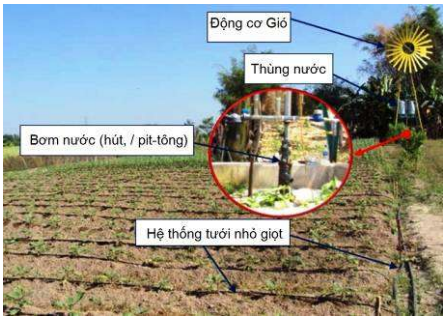
- Với động cơ gió cỡ nhỏ, sơ bộ chọn địa điểm với ít nhất 50% thời gian có vận tốc gió trung bình hơn 5 m/s ở độ cao 10 m.
- Nếu có chướng ngại (cây cao, nhà…), động cơ gió phải cao hơn 8 m; và cách chướng ngại ít nhất 80 m.
  Qui tắc: Gọi H_w = độ cao của chướng ngại vật;
  Điểm dưới của cánh phải cao hơn 2 lần H_w ;
  Trụ động cơ gió ở cách hơn 20 lần H_w theo chiều ngang.
- Với động cơ gió cỡ lớn hơn, cần lập trạm đo tốc độ gió ở cao 65 m trong nhiều năm.

8.4.2 Bơm nước

Động cơ gió cỡ nhỏ đã được sử dụng từ lâu với bơm nước, ví dụ ở Ai Cập đã có từ 3000 năm trước. Năm 1920 thế giới có hơn 1000 nhà sản xuất, nhưng đến 1970 giảm chỉ còn vài chục nhà.

Các tua-bin hiện nay có 16- 24 cánh, rô-to đường kính 1,8– 4,8 m (phổ biến 2,4 – 3,6 m) trên tháp cao 10 m, liên hợp với bơm pit-tông (có thể tham khảo thêm: Lysen 1983).

Động cơ gió bơm nước phù hợp với phương pháp tưới nhỏ giọt để tiết kiệm nước. Vì tua-bin đặt thấp, gần ruộng, nên lượng nước bơm không nhiều. Ví dụ động cơ gió đường kính 4,5 m bơm được ≈ 20 m^3 nước mỗi ngày từ độ sâu ≈ 4 m, với tốc độ gió 4 m/s, cung cấp được 4 mm nước/ngày cho cây trồng cạn (cà chua, dưa v.v) trên diện tích 0,2 ha (Nguyen T.Nghi và ctv 2015).



Hình 8.27. Động cơ gió bơm nước cho tưới nhỏ giọt
(Photo: Nguyễn Thanh Nghị)

Ở nơi có địa hình cục bộ với gió mạnh, ví dụ trên đỉnh đồi, có thể sử dụng động cơ gió phát điện, và kéo điện đến ruộng; ưu điểm là có thể xa hàng trăm mét.

8.4.3 Phát điện

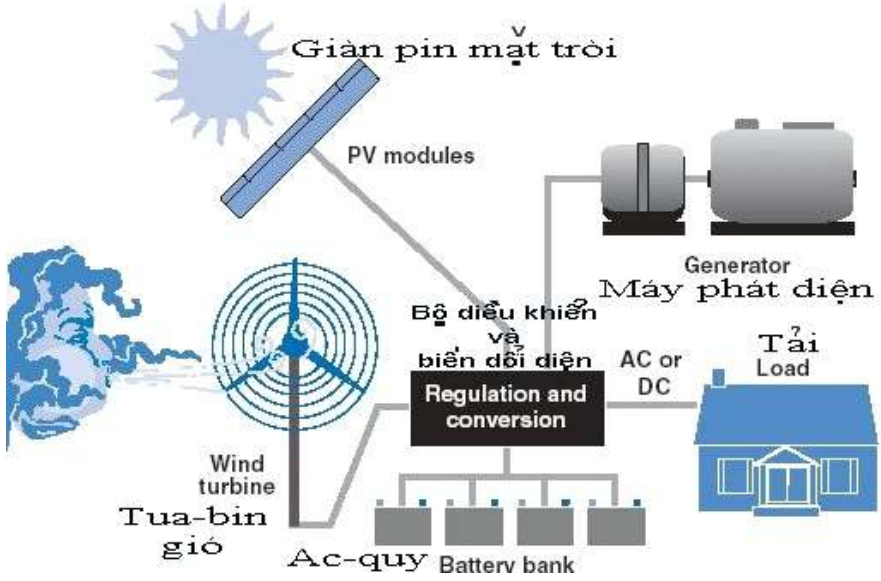
Phát điện cỡ nhỏ cũng như cỡ lớn về nguyên tắc (các Mục sau).

8.4.4 Vấn đề gió lớn với tua-bin gió cỡ nhỏ

Tua-bin 3 hay 24 cánh đều cần bộ phận hạn chế tốc độ quay (*furling*), để tránh tan tác từng mảnh khi gió quá mạnh. Có hai loại phổ biến. Điều khiển *cơ*: đuôi lái có cơ cấu lò xo bẻ đuôi sao cho mặt cánh không hứng gió ở tốc độ cao. Điều khiển *điện* (chỉ với tua-bin phát điện): tua-bin nối tải điện trở lớn cản không cho quay nhanh.

8.4.5 Kết hợp năng lượng gió và mặt trời để phát điện

Đây là kết hợp thường gặp nhất để bổ sung cho nhau. Ban ngày dựa vào mặt trời; ban đêm dựa vào năng lượng gió. Ví dụ một nghiên cứu ở Thái Lan: 5 kW mặt trời + 18 kW gió (Hình 8.28).



Hình 8.28. Hệ thống phát điện năng lượng gió và mặt trời (Wind – Solar) ở Thái Lan

8.4.6 Kinh tế năng lượng gió cỡ nhỏ

Khảo giá động cơ gió Bergey 10 kW ở Mỹ năm 2006:

Động cơ gió, 220 V_{ac}, 50 Hz:	\$22 000 (\$ = USD)
Trụ tháp cao 18 m:	\$8 400; (nếu cao 27 m: \$14600)
Ac-quy 24 V , 350 Ah	\$900
Bộ chuyển đổi DC/AC:	\$4 000
Tổng:	\$35 300.

Nghĩa là suất đầu tư 3530\$ /kW, đắt gần gấp đôi động cơ gió cỡ lớn. Số thống kê ở Mỹ từ 3000\$ đến 6000\$ /kW, và chi phí sản xuất điện 0,15-0,20\$ /kWh cao hơn nhiều so với thủy điện và nhiệt điện; và điện gió cỡ nhỏ cũng không được ưu đãi nối lưới. Nhưng một số nước khác (Đan Mạch, Thụy Sĩ, Anh, Ý) cho phép bán điện vào lưới với giá mua điện có hỗ trợ *Feed-in-Tariff* (WWEA 2012). Nói chung, đến nay, suất đầu tư điện gió cỡ nhỏ cũng không giảm nhiều.

8.4.7 Khảo sát ở Đức về năng lượng gió cỡ nhỏ

Năm 1989-1996, một khảo sát đã phỏng vấn chủ của 235 tua-bin gió đã lắp đặt, gồm 205 cỡ rất nhỏ XS và 30 cỡ nhỏ S (Kühn, 2010). Kết quả:

- Phần lớn các nhà sản xuất các tua-bin này đã ngưng hoạt động (tuy còn "hậu duệ" bảo trì).
- Lắp đặt thiếu khảo sát, lắp đặt ở nơi thiếu gió nên không đủ công suất, cột thấp, nhiều vật chướng ngại (ví dụ lắp ở cách nhà ở chưa tới 50 m).
- Tuổi thọ hạng rất nhỏ (XS) trong 10 năm, hư chưa tới một lần mỗi năm. Với hạng nhỏ (S), có tua-bin thọ hơn 20 năm.
- Thiếu phụ tùng và người bảo dưỡng; 2/3 việc thay thế và bảo dưỡng do chủ tự lo.

Đây là những kinh nghiệm cần tham khảo cho các chương trình lắp đặt động cơ gió cỡ nhỏ ở các nước khác.

8.4.8 Động cơ gió cỡ nhỏ trên thế giới

Ước lượng của WWEA (World Wind Energy Association) năm 2013 toàn thế giới có khoảng 900 000 động cơ gió cỡ nhỏ, đa số (99%) tập trung ở 20 nước, trong đó Trung Quốc chiếm 70% và Mỹ chiếm 20%. Dù vậy, tổng

công suất phát điện của động cơ gió cỡ nhỏ chiếm không quá 5% so với cỡ lớn.

8.4.9 Động cơ gió cỡ nhỏ ở Việt Nam

Bơm nước

Năng lượng gió dùng để bơm nước có ở nhiều nơi lẻ tẻ, khoảng 1990 tập trung nhất có lẽ ở huyện Long Đất (Bà Rịa- Vũng,Tàu) với hàng trăm động cơ gió bơm nước cho ruộng muối (Hình 8.29). Kết cấu đơn giản, gồm 03 cánh phẳng bằng gỗ ván, nghiêng góc 25° với mặt quay, tạo thành rô-to ϕ 1,3 m, quay với tốc độ khoảng 60 vòng/phút. Truyền động bánh răng côn tăng tốc cho bộ phận bơm lên 400 vòng/phút.

Hình 8.29. Động cơ gió dân tự chế, huyện Long Đất (Bà Rịa- Vũng Tàu).

Phát điện cỡ nhỏ

Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh đã có 2 đợt phát triển năng lượng gió cỡ nhỏ. Đợt đầu khoảng 1980, với hàng chục động cơ gió ở huyện Cần Giờ và vài nơi khác. Do vật tư khan hiếm, không đạt yêu cầu (ví dụ chỉ có bạc đạn loại hở) nên mau hư hỏng. Đợt hai với *Rectere* (Trung tâm Năng lượng mới và Thiết bị nhiệt thuộc Trường) từ 1990- 2000 tuy độ bền khá hơn, nhưng cũng chưa phổ biến rộng rãi được (báo KHPT số 12-11-1993), đến nay chỉ còn sản xuất lẻ tẻ. Cả hai đợt đều là các động cơ gió công suất nhỏ hơn 1 kW.

Các cơ quan nghiên cứu khác thuộc Bộ Điện lực (cũ), các nhà máy địa phương cũng cho ra đời nhiều động cơ gió cỡ nhỏ, rồi cũng dừng ở mức độ nghiên cứu mẫu.

8.5 NĂNG LƯỢNG GIÓ CỠ LỚN

8.5.1 Tổng quan

Khoảng 20 năm gần đây điện gió cỡ lớn đã phát triển "vũ bão" về kỹ thuật, có thể hình dung qua tóm tắt sau:

Đan Mạch: "Thế hệ"	1980: cánh	ϕ 10,5 m; công suất 26 kW phát điện
	1995:	ϕ 54 m; 1 **M**W
	2004 :	ϕ 84 m; 2,5 MW
	2014	ϕ 164 m; 8 MW
Đức:	2003	ϕ 104 m; 3,6 MW
	2014	ϕ 150 m; 6 MW
Trung Quốc:	2011	ϕ 128 m; 6 MW
Mỹ:	2014	ϕ 190; 10 MW

8.5.2 Các vấn đề liên quan đến tua-bin gió cỡ lớn

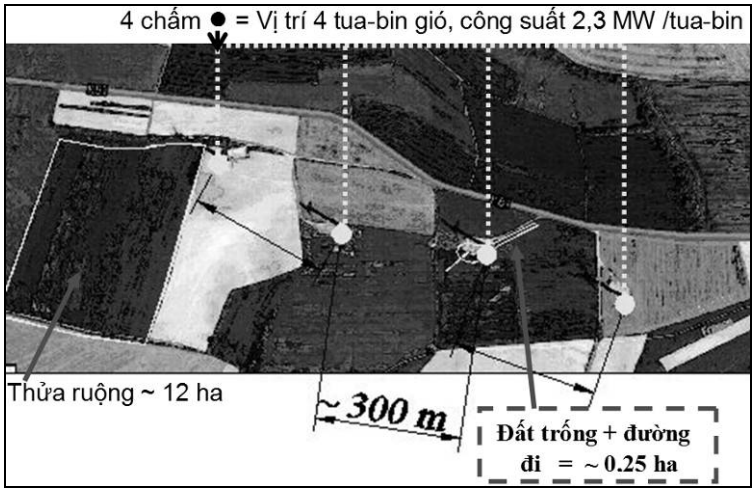
Bố trí các trụ gió

Hình 8.30 qui định khoảng cách tối thiểu giữa các trụ gió để không vướng nhau về khí động.

Hình 8.30. Bố trí động cơ gió

Ví dụ: 12 trụ gió (mỗi trụ 1,5 MW, tổng công suất 18 MW) bố trí 3 hàng, mỗi hàng 4 tua-bin, cần khoảng 150 ha đất. Nếu xây dựng trên đất nông nghiệp có sẵn, chỉ mất 1- 2 ha đất rào bảo vệ quanh móng trụ gió và đường đi. Hình 8.31 giúp hình dung điều này, thậm chí có nơi cây trồng chỉ cách móng trụ khoảng 3 m. *Điện gió cỡ lớn **không** chiếm nhiều đất nông nghiệp.*

Điện gió đặt trong vùng nông nghiệp để trở lại phục vụ nông nghiệp và nông thôn, có thể giảm áp lực tập trung công nghiệp ở các thành phố lớn, quả là tuyệt vời !



Hình 8.31. Bố trí 4 động cơ gió giữa cánh đồng nông nghiệp ở Pirmasens, Đức

Cánh tua-bin

Cánh được thiết kế để đạt hiệu suất cao, 40- 45%.

Ngoài ra, phải không quá ***ồn***, thường yêu cầu trong khoảng ***35- 45 dB(A)*** ở cách ***350 m***, trừ phi lắp đặt ngoài biển. Vì thế, tốc độ đầu cánh thường không quá 65 m/s. So sánh với độ ồn của máy bay phản lực cách 100 m là 120 dB(A), trong nhà máy là 80- 100 dB(A), tại công sở 60 dB(A); ban đêm ở vùng quê yên tĩnh 20-40 dB(A).

Thiết kế cánh phải hạn chế tốc độ quay với gió bão; thường bằng cơ cấu xoay góc nghiêng của cánh.

Nền móng

Hình 8.32. Trụ tua-bin 1 MW

Với cột gió mang cả tua-bin nặng từ vài chục đến trăm tấn ở cao cả trăm mét (Hình 8.32), xây dựng nền móng đòi hỏi phải nghiên cứu kỹ về địa hình, loại đất, mạch nước ngầm (Hình 8.33). Có công ty chuyên thiết kế lắp đặt móng cho tua-bin gió; thông thường, chi phí nền móng chiếm khoảng 10% tổng chi phí điện gió.

Hình 8.33. Móng trụ cho tua-bin gió 1,5 MW ở Tuy Phong (Bình Thuận)

Vài con số để hình dung qui mô. Với động cơ gió 1,5 MW (tương tự như ở Tuy Phong, Bình Thuận):

Đường kính rô-to: 70– 77 m (ba cánh)

Tốc độ quay: 10– 20 vòng /phút

Chiều cao trụ: 65– 80 m.

Khối lượng cụm rô-to và phát điện: 50– 60 tấn

(vấn đề tải trọng cầu, đường khi chuyên chở đến địa điểm lắp đặt!).

Khối lượng trụ gió: 90– 250 tấn.

Hộp bánh răng

Vấn đề các phần còn lại của tua-bin là độ bền mỏi (bạc đạn, hộp bánh răng, v.v). Nói chung, hiện nay phải bảo đảm 15– 20 năm tuổi thọ.

Do trục động cơ gió quay chậm (dưới 22 vòng/phút), trong lúc máy phát điện quay nhanh hơn (hàng trăm vòng phút hoặc hơn) nên cần hộp bánh răng nhiều cấp để tăng tốc độ quay (Hình 8.34).

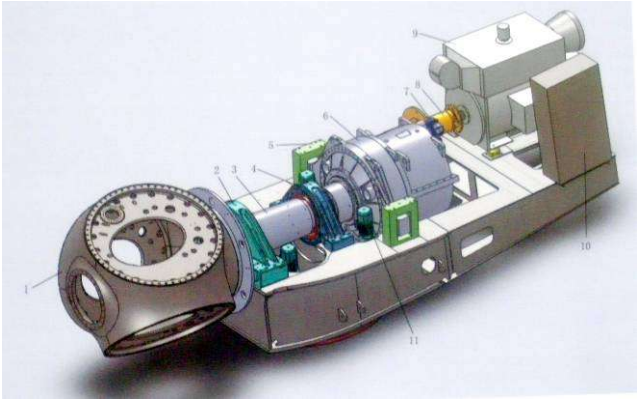
Truyền động trực tiếp với máy phát điện dùng nam châm vĩnh cửu

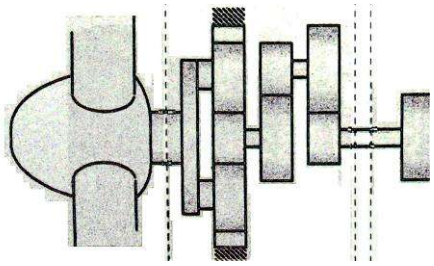
Một phát triển mới từ 2004 là máy phát điện dùng nam châm vĩnh cửu (*Permanent magnet*, còn gọi là *Gearless drive*) cho phép phát điện ở tốc độ thấp của trục chính tua-bin. Nhờ vậy, giảm được hộp bánh răng, đồng nghĩa với giảm khoảng 1/3 số chi tiết, giảm chăm sóc, và giảm hao tổn năng lượng (Hình 8.35).

Sử dụng đất

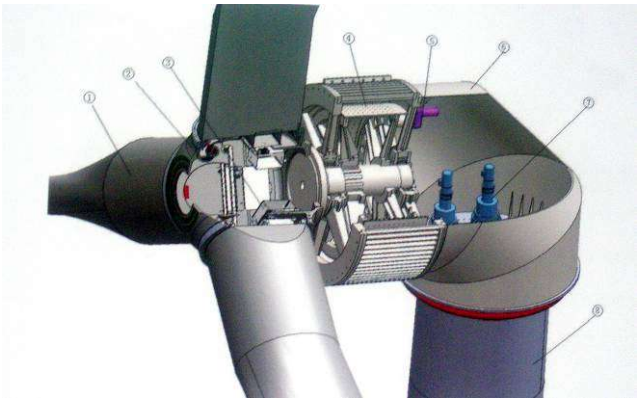
So sánh mức sử dụng đất cần thiết với các nguồn năng lượng tái tạo khác nhau, năng lượng gió ít đòi hỏi đất nhất. Ví dụ để sản xuất 1,5 triệu kWh điện mỗi năm:

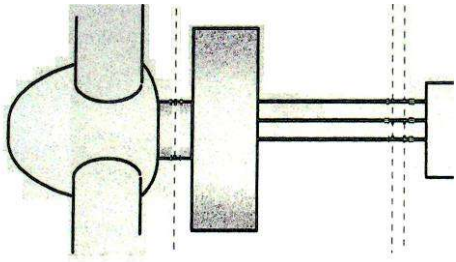
Gió, cần:	0,36 ha,
Đốt sinh khối (trồng cây), cần:	154 ha,
Quang điện, cần:	1,4 ha.





Hình 8.34.
Truyền động từ trục đến máy phát điện bằng hộp số





Hình 8.35.
Truyền động từ trục đến máy phát điện bằng nam châm vĩnh cửu

8.5.3 Kinh tế năng lượng gió cỡ lớn

Số liệu chung năm 2011:

Suất đầu tư 1500- 2000 USD/kW (1,5- 2 triệu USD/MW), trong đó 75% chi phí là thiết bị; còn lại 25% là đất, đường dây nối mạng, móng, đường vào....

Tuổi thọ có thể tính với 15- 20 năm.

Giá thành 1 kWh điện ở Mỹ ≈ 0,10 USD; ở Trung Quốc 0,07- 0,10 USD.

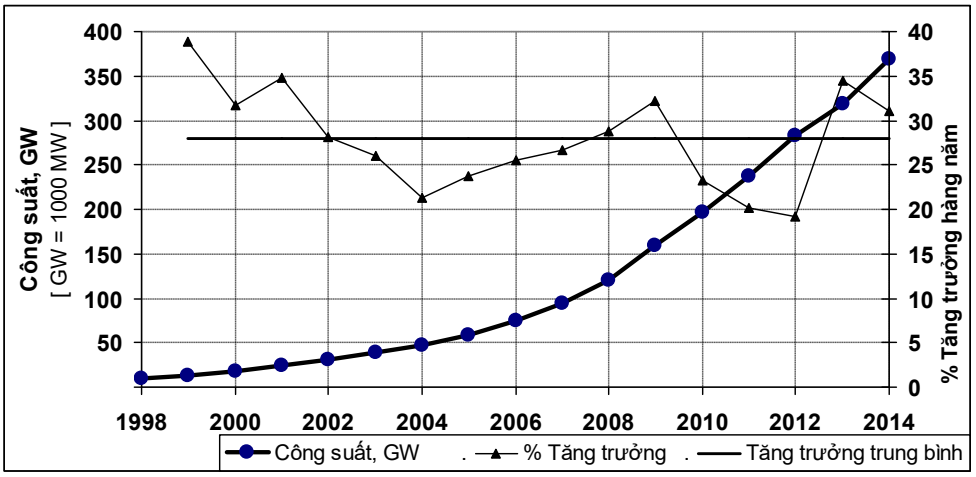
Suất đầu tư cũng như giá điện sản xuất đều giảm rất nhiều sau 25 năm từ 1985. Từ 2003 ở Mỹ đã tiên đoán giá điện gió công suất lớn năm 2010 sẽ "ngang ngửa" với các nguồn thủy điện, và rẻ hơn so với điện mặt trời. Thực tế năm 2014, đầu tư cho điện gió thay đổi tùy nước (đơn vị USD/ kW): Nhật (2900); Pháp, Đức, Hà Lan, Mexico (≈2000); Mỹ (1700); Trung Quốc, Ấn Độ (1400), trong đó khoảng 75% là giá thiết bị, và 30% là xây dựng, lắp đặt, nối lưới… Giá thành điện gió tùy nơi nằm trong khoảng 0,04- 0,17 USD/kWh, tức là có khả năng cạnh tranh khi so sánh với giá điện từ nhiên liệu hóa thạch là 0,15- 0,27 USD/kWh (IRENA 2015). Lưu ý đến chi phí

vận hành và bảo dưỡng điện gió, ước lượng mỗi năm khoảng 2- 3% chi phí đầu tư, hoặc khoảng 0,02 USD/kWh.

8.5.4 Phát triển năng lượng gió cỡ lớn ở nước ngoài

Điện gió là ngành phát triển ***nhanh nhất*** trong thời gian gần đây. Mức tăng trưởng trung bình 1997- 2013 là 26%, một con số ấn tượng (Hình 8.36).

Đến cuối 2013, tổng công suất năng lượng gió lắp đặt là 318 000 MW, trong đó 4 năm từ 2008 đến 2012 mỗi năm lắp đặt khoảng 40 000 MW. Năm 2013 điện gió đã cung cấp 640 TWh (tỷ kWh), chiếm ≈ 4% sản lượng điện thế giới; so với năm 2008 chỉ chiếm 1%.



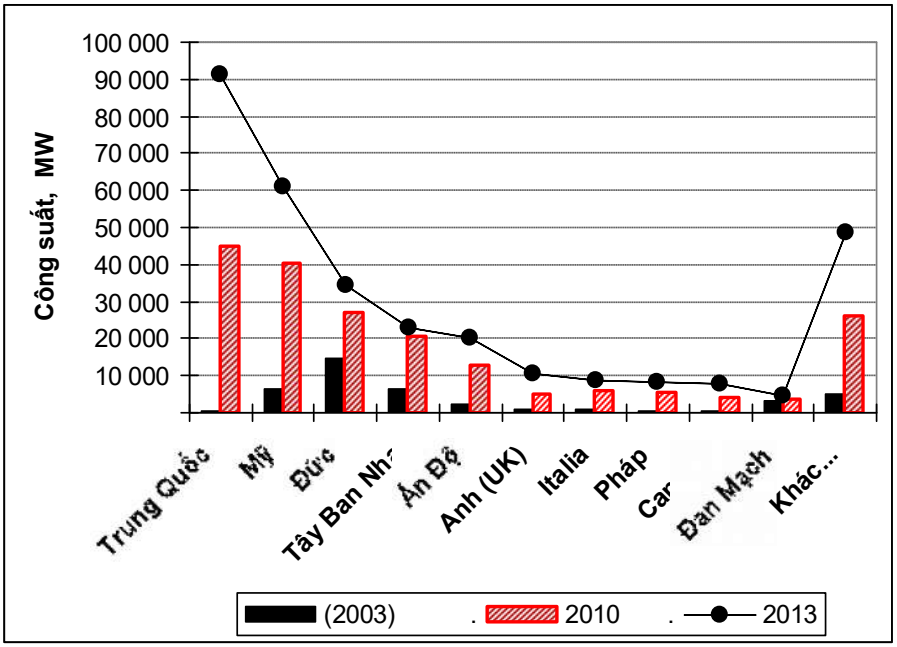
Hình 8.36. Phát triển năng lượng gió trên thế giới trong thời gian 1998- 2013

Mười "cường quốc" về năng lượng gió năm 2010 (Hình 8.37), chiếm 87% tổng công suất điện gió toàn thế giới. Nhật và Hà Lan ở trong "*Top 10*" 2003, bị tụt xuống thành hạng 12 và 13 vào năm 2010, thay bằng Pháp và Canada. Trong số 73 "nước khác" với 13% công suất còn lại, những nước "khiêm tốn" dưới 40 MW có: Philippines (33 MW), Việt Nam (31 MW), Nga (15 MW), Israel (6 MW), Indonesia (1,4 MW), cho thấy phát triển điện gió không phải chỉ là vấn đề công nghệ.

Trong tổng số 196 630 MW năm 2010, khoảng 1,6% hay 3 120 MW là điện gió ngoài khơi (xa bờ, *offshore*) với 5 nước hàng đầu là Anh, Đan Mạch, Thụy Điển, Bỉ, Hà Lan. Tuy còn ít, nhưng là khuynh hướng phát triển rất mới. Ví dụ: Năm 2010, Anh có 688 MW thì 653 MW (95%) được lắp đặt trong năm này. Năm 2013, công suất điện ngoài khơi tăng đến 7360 MW, với thứ tự mới của 5 nước hàng đầu là Anh, Đan Mạch, Đức, Bỉ, Trung

Quốc; Đức có 915 MW thì 660 MW (72%) được lắp đặt chỉ trong hai năm 2012 và 2013.

Mười công ty lớn nhất về năng lượng gió năm 2010 (để tìm hiểu thêm trên Internet): Vestas, Sinovel, General Electric, Goldwind, Enercon, Suzlon, Dongfang, Gamesa, Siemens, United Power.



Hình 8.37. Mười nước hàng đầu về điện gió năm 2013, so với 2010 và 2003
[Khác = các nước khác = 50 nước (2003); 73 (2010), và 83 (2013)]

Sau đây là tình hình phát triển năng lượng gió ở vài nước tiêu biểu:

- **Đan Mạch**

Đan Mạch là nước có truyền thống sử dụng gió từ lâu, gần 100 năm trước đã có 200 MW từ gió. Từ 2004 đã có 20% sản lượng điện từ gió; hơn 15 000 lao động sống nhờ năng lượng gió (thiết kế, chế tạo…, tư vấn); chiếm 1/2 thị phần động cơ gió sản xuất của 40 nhà sản xuất trên thế giới. Năm 2010, Vestas của Đan Mạch vẫn là Công ty lớn nhất thế giới về tua-bin gió.

Năm 2010, với công suất điện gió 3730 MW [#8.5], tính theo tỷ số công suất/ dân số (*kW/người*), Đan Mạch xếp cao nhất (0,675) so với Tây Ban Nha (0,442), Đức (0,334), Mỹ (0,128), Trung Quốc (0,033). Tính theo tỷ số công suất/ diện tích (*kW/ km^2*), Đan Mạch cũng xếp cao nhất (86,6) so với Đức (76,2), Trung Quốc (4,7), Mỹ (4,1).

Năm 2013, tính theo tỷ lệ *Sản lượng điện gió / Tổng sản lượng điện*, Đan Mạch cũng xếp cao nhất, tỷ lệ 34% (với công suất điện gió 4770 MW).

Thành công của Đan Mạch nhờ 2 yếu tố. Một là quyết tâm về mặt kế hoạch và ***chính sách***. Kế hoạch do Quốc hội Đan Mạch đề ra năm 1980 là đến năm 2000, sẽ có 10% điện từ năng lượng gió, với 60 000 động cơ gió cỡ 15 kW. Kết quả năm 1997 đã đạt chỉ tiêu 10% này, nhưng với 5 000 động cơ gió cỡ 230 kW. Kế hoạch hiện nay nhắm đạt 50% điện từ năng lượng gió vào năm 2030. Chính sách thể hiện ở mức hỗ trợ đầu tư, từ 30% năm 1979, giảm dần xuống 10% sau đó cho đến 1989; trong 10 năm này, đã hỗ trợ đến 37,6 triệu euro (280 triệu DKK). Chính sách cũng hỗ trợ nghiên cứu. Ví dụ năm 2001 đã chi 1,6 triệu euro cho nghiên cứu các dạng động cơ gió mới. Từ 2004, chính sách bắt buộc người tiêu dùng 20% điện từ nguồn năng lượng tái tạo.

Yếu tố thứ hai của thành công ở Đan Mạch là ***kỹ thuật***. Hơn 100 năm trước đã có người làm ra động cơ gió phát điện; khoảng trước và sau Thế chiến I đã có hàng trăm động cơ gió cỡ 5- 20 kW. "Ngủ yên" cho đến khủng hoảng dầu hỏa vào đầu 1970, các nghiên cứu lại bắt đầu từ cơ bản, làm nhỏ rồi mới làm lớn: Sản phẩm thương mại hóa 10- 30 kW khoảng 1980; 50- 75 kW khoảng 1985; 150- 400 kW từ 1987-1997, và 1 MW sau 2000. Các nhà lập pháp cũng không lường trước được mức phát triển nhảy vọt của công nghiệp thiết bị gió (Douthwaite 2002).

Gương làm từ nhỏ đến lớn của một nước nhỏ như Đan Mạch --không được xếp vào nước công nghiệp như G7-- đáng để động viên những nhà nghiên cứu "non trẻ" ở Việt Nam vững tin hơn, kiên trì hơn để phát triển năng lượng gió từ nội lực.

[#8.5] *Xấp xỉ bằng 3 830 MW tổng công suất của 6 nhà máy thủy điện lớn nhất Việt Nam tính tới 2010: Hoà Bình 1 900 MW;YaLy 720 MW; Trị An 400 MW, Tuyên Quang 340 MW, Sê-san-3 260 MW; Đa Nhim 290 MW.*

- **Đức**

Giữ vị trí hàng đầu thế giới về năng lượng gió với 22 200 MW vào cuối 2007, cung cấp 7% tổng năng lượng. Tuy tụt xuống hạng 3 sau Trung Quốc và Mỹ năm 2010, Đức vẫn là nước hàng đầu về năng lượng gió (27 200 MW) ở châu Âu. Dự kiến 2020: năng lượng gió chiếm 20%. Trong chính sách "*Feed-in-Tariff*" với cả nước trợ giá, đánh thuế rất ít với điện sản xuất từ gió. Chính sách khuyến khích đến mức vùng gió tốc độ thấp cũng đặt hàng nhà sản xuất thiết kế riêng. Chính sách ít phát triển năng lượng hạt nhân, thay thế một phần sản lượng điện do hạt nhân cung cấp ở Đức bằng năng lượng gió (và năm 2011 tuyên bố sẽ loại hẳn năng lượng hạt nhân vào 2022) cũng là động lực phát triển năng lượng gió.

Nhìn lại số liệu điện gió trước năm 2000 (1992: ≈50 MW; 1995: 400 MW; 1999: 4200 MW), cường quốc hàng đầu này cũng chỉ mới phát triển về năng lượng gió trong 20 năm qua mà thôi. Ý nghĩa là nếu Việt Nam cũng có quyết sách tương xứng thì 15- 20 năm sau, đến 2030, chúng ta cũng có thể đạt được cơ cấu năng lượng gió xứng tầm.

- **Mỹ**

Là nước tiên phong về năng lượng gió, từ 1930, nhiều Công ty đã bán hàng chục ngàn động cơ gió; nhưng sau đó giảm với chương trình điện khí hóa. Phát triển năng lượng gió của Mỹ trồi sụt theo giá dầu mỏ. Năm 1970 do giá dầu tăng, đã tái lập nghiên cứu và phát triển; thập kỷ 1980 đã lắp đặt 16 000 động cơ gió với tổng công suất 1 500 MW. Rồi trầm lắng lại, tụt hậu, vì chính sách dầu khí. Chính sách năng lượng tái tạo bị quá nhiều ảnh hưởng của phía dầu hỏa. Ví dụ hỗ trợ 0,018 USD/kWh điện gió, trong 10 năm qua thay đổi đến 5 lần, khi hỗ trợ, khi ngưng...

Khoảng 1997 lại "thức giấc", đến 2007 đạt hạng nhì thế giới cùng với Tây Ban Nha, nhưng thua xa Đức mặc dù tài nguyên gió gấp trăm lần hơn. Tiếp tục "thức giấc", 2010 đã vượt Đức, nhưng vẫn hạng nhì, còn sau Trung Quốc.

- **Ấn Độ**

Tổng công suất lắp đặt, từ 100 MW năm 1998, đến 3 000 MW năm 2004, 8 000 MW năm 2007, 13 000 MW năm 2010, và 20 150 MW năm 2013 (đứng hạng 5 trên thế giới, Hình 8.37) cho thấy kết quả của một chính sách rất rõ ràng, với chủ quản là Bộ Năng lượng Không tái tạo (Ministry of

Non-Conventional Energy Sources). Có 10 nhà sản xuất động cơ gió, trong đó có liên doanh với các Công ty hàng đầu như Vestas.

- **Trung Quốc**

Năm 2001, Trung Quốc dẫn đầu về động cơ gió phát điện cỡ nhỏ, với 18 000 động cơ gió.

Gần đây, Trung Quốc đã phát triển cỡ lớn, và cuối 2007 đã trở thành cường quốc thứ 5 của thế giới về năng lượng gió. Đến cuối 2010, Trung Quốc đã có công suất lắp đặt lớn nhất thế giới với 42 000 MW (42 GW). "*Kế hoạch phát triển năng lượng tái tạo*" ban hành năm 2007, dự kiến 2020 sẽ đạt 200 GW, nhưng cũng chỉ khiêm tốn chiếm 3% tổng năng lượng tiêu thụ. Cùng với phát triển công nghiệp chế tạo nội địa (3 trong 10 công ty lớn nhất về tua-bin gió là của Trung Quốc), việc áp dụng "*Feed-in Tariff*" kiểu Đức với giá điện từ 0,008 đến 0,094 USD/kWh (tùy vùng) cho cả "đời" 20 năm của tua-bin mới lắp đặt, đã thúc đẩy điện gió phát triển "phi mã" ở nước này. Lịch sử từ lắp đặt điện gió nhỏ, chỉ 160 kW (= 0,16 MW) vào năm 1986, nhập khẩu tới 2002 cũng chỉ tổng cộng 450 MW. Từ 2003 bắt đầu liên doanh với Đan Mạch, sau đó với Đức, Anh, Thụy Sĩ, đến 2008 nhiều công ty đã làm chủ công nghệ, thậm chí (Goldwin) còn mua luôn công ty Đức đã liên doanh! Chỉ 3 năm từ 2008 đến 2010, đã lắp đặt mới 50 000 MW, gấp trăm lần 20 năm trước.

- **Philippines**

Đây là nước mới nổi lên ở Đông Nam Á, dựa trên chính sách liên doanh với Đan Mạch với tỷ lệ 40 / 60 trong số 48 triệu USD đầu tư. Năm 2006 đã hoàn thành 25 MW ở miền Bắc nước này (gồm 16 tua-bin 1,6 MW) kèm theo 50 km đường dây. Đến 2010 đạt 33 MW. Ước lượng tiềm năng gió với 10 000 km^2 của nước này tương ứng với 70 000 MW, rất lớn. Chúng ta chờ theo dõi thêm về kết quả chính sách liên doanh đến mức độ phát triển năng lượng gió ở nước này.

8.5.5 Năng lượng gió cỡ lớn ở Việt Nam

Với xu hướng thế giới phát triển mạnh năng lượng gió từ những năm 1990, đã bỏ lỡ một cơ hội ứng dụng vào năm 1998 với một Dự án gió 150 kW do Danida Đan Mạch đề nghị thực hiện ở Cần Giờ, Tp Hồ Chí Minh.

Từ 2000 đã có nhiều Dự án ***phong điện*** được lập ra, đề nghị lắp đặt ở nhiều nơi, ví dụ ở Bán đảo Phương Mai, (Bình Định) 15 MW dự kiến đầu tư

15 triệu USD; ở Tu Bông, huyện Vạn Ninh, tỉnh Khánh Hòa (20 MW). Do nhiều lý do, các Dự án này vẫn "giậm chân tại chỗ". Dù vậy, vẫn đang khảo sát ở nhiều nơi khác như đảo Phú Quốc…

Nhà máy Điện Gió đảo Bạch Long Vĩ (Hải Phòng) 800 kW được hoàn thành vào 2004 sau 2 năm xây dựng, với khoảng 1 triệu USD vốn ngân sách Nhà nước. Năm 2005 có 3 cơn bão lớn, tốc độ gió đều vượt qua cấp 12 nhưng tuabin gió vẫn vận hành an toàn. Vấn đề là hiệu quả kinh tế, vì tuabin 800 kW kèm theo 2 máy phát diesel 400 kVA; trước đây 1200 dân Bạch Long Vỹ chỉ dùng máy phát 220 kVA. Khi chưa có thêm công nghiệp mới để thêm phụ tải, hoạt động ở tải nhỏ đang là gánh nặng kinh tế.

Trại gió ***Tuy Phong (Bình Thuận)*** với 5 trụ đầu tiên (5 *1,5 MW = 7,5 MW) đã được vận hành vào cuối 2010. Hiện đã lắp đặt 20 cột tương tự. Kế hoạch tỉnh Bình Thuận đến 2020 cần đạt được 1500 MW điện gió. Năm 2013, Đồng bằng Sông Cửu Long có trụ 10 gió đầu tiên (10 * 1,6 = 16 MW) ở ***Bạc Liêu***.

Nói chung, sử dụng năng lượng gió ở Việt Nam, ở qui mô cỡ nhỏ độc lập hay ở qui mô lớn để hòa điện lưới, đều còn chập chững bước đầu. Sự quan tâm có vẻ chưa đúng mức. Ở cỡ nhỏ, kết quả sơ sài của một Chương trình nghiên cứu Cấp nhà nước năm 2001 là một bảng số liệu rất chung chung dựa trên số liệu đo ở độ cao 10 m, ví dụ: Nam Trung bộ 400- 500 kWh/m^2.năm, và kết luận gió chỉ ứng dụng ở đảo xa, ven bờ biển và vài nơi có gió địa hình! Ở cỡ lớn, năm 2007 (khi Đức có 22 000 MW điện gió) Sơ đồ Điện lực Việt Nam vẫn chưa nói đến điện gió. Từ 2009, khi thế giới nhảy vọt về điện gió, nước ta vẫn còn bàn thảo với giá bán điện cho các cột gió ở Bình Thuận. Giá bán điện gió 0,078 USD/kWh được duyệt năm 2012 bị các nhà đầu tư kêu không có hiệu quả kinh tế (P.H.Hiền 2012).

Tuy chưa có những qui định chi tiết, nhưng chính sách khuyến khích chung cũng đã thúc đẩy các công ty đầu tư vào điện gió. Ví dụ nhà máy chế tạo trụ ở Hải Dương đầu tư 40 triệu USD, năng suất 300 trụ/năm cho tua-bin 1500 kW. Tương tự, nhà máy trụ gió Vina-Halla ở Bà Rịa-Vũng Tàu cũng sản xuất và xuất khẩu trụ. Công ty GE (Mỹ) đã đầu tư 100 triệu USD lập nhà máy chế tạo tua-bin 1 500 kW ở ***Hải Phòng***, đã xuất xưởng năm 2010 để xuất khẩu. Cán bộ kỹ thuật và công nhân đã thạo lắp đặt, ở Tuy Phong 2011 có thể lắp một tua-bin gió trong 2 ngày. Nói chung, tiền đề để Việt Nam dần dần làm chủ công nghệ đã có, chỉ cần chính sách để thúc đẩy nhanh hơn, như Trung Quốc đã làm.

Hiệp hội ***Điện Gió Bình Thuận***, thành lập năm 2010, là diễn đàn trao đổi kỹ thuật, tư vấn chính sách… cho các doanh nghiệp, các cơ quan quản lý, và các nhà khoa học hoạt động trong lĩnh vực điện gió cỡ lớn.

8.5.6 Tóm tắt về năng lượng gió cỡ lớn

Nhìn qua một số nước, thấy được điểm chung nhất: ***chính sách*** của Nhà nước ảnh hưởng lớn nhất đến sự phát triển năng lượng gió. Thứ đến, ***nội lực kỹ thuật*** phải được phát triển dần, có sẵn từ lâu như Mỹ, hoặc kiên trì từ hàng chục năm qua như Đan Mạch và Đức, hoặc liên doanh như Ấn Độ và Philippines với nước ngoài ở các mức độ khác nhau. Đặc biệt là Trung Quốc, từ liên doanh đến làm chủ công nghệ, chưa đầy 20 năm.

8.6 NĂNG LƯỢNG GIÓ PHỤC VỤ NÔNG NGHIỆP

Một phương án sử dụng điện gió có hiệu quả là bơm nước phục vụ phát triển nông nghiệp. Nói đến nông nghiệp là phải nói đủ 4 yếu tố *nước, phân, cần, giống*. Điện gió để bơm nước đáp ứng yếu tố đầu tiên trên.

Thử làm một bài tính toán nhanh:

Một trụ gió 1,5 MW, giả sử chỉ có thể hoạt động đầy tải 10 giờ mỗi ngày, có thể bơm với độ chênh cột nước 10 m (và giả sử hiệu suất bơm khá thấp, chỉ được 50%), tính ra bơm được 275 000 m^3 nước mỗi ngày.

[*Kiểm: 275 000* m^3 *= 2,75 *10*^{8} *kg ≈ cần lực tác dụng 2,7 *10*^{9} *N.*
*Công suất: 2,7 *10*^{9} *N * 10 m / (10 giờ *3600 s/giờ) = 750 000 W = 750 kW .*
(với hiệu suất bơm lý thuyết 100%,)
Công suất cần, với hiệu suất bơm 50% = 750 / 0,5 = 1500 kW]

Mặt khác, nhu cầu nước 1 ha cây trồng là 10 mm mỗi ngày (khá dư) tức là 100 m^3 nước mỗi ngày. Như vậy, cân đối cung cầu, trụ gió 1,5 MW có thể bơm được $275\,000 / 100 = 2\,750$ ha.

Trên đây tính với độ cao bơm 10 m.

Nếu mức nước sâu đến 27 m có thể bơm được 1000 ha.

Nếu nước ở rất sâu (nước ngầm sâu đến 100 m), cũng bơm được cho khoảng 300 ha.

Sau đây chúng ta dùng số 1000 ha để tính toán (cho mực nước 27 m). Lưu ý cột điện gió chỉ chiếm khoảng 1% hay 10 ha trên 1000 ha đất nông nghiệp.

Đầu tư một trụ gió 1,5 MW khoảng 2 triệu USD. Vậy mức đầu tư điện gió làm thủy lợi:

2 000 000 USD / 1 000 ha = 2000 USD/ha = khoảng 40 triệu đồng /ha.

Dĩ nhiên điều kiện *tiên quyết* là phải có nước đủ cho diện tích cần tưới. Còn nước ở 10 m hay 100 m đều có phương án cơ khí để bơm lên, phù hợp với phương án khai khác cho cây trồng cụ thể.

Trữ năng lượng bằng bơm nước (*Pumped Storage*)

Trên thế giới, có nhiều nơi bơm nước lên để trữ năng lượng khi các nhà máy phát điện dư tải (trong đó có điện gió), để vào giờ cao điểm nước dự trữ này chảy xuống quay tua-bin phát điện. Hai ví dụ có thể tra với từ khóa trên mạng là *Guangzhou Pumped Storage Power Station* (Trung Quốc) và *Raccoon Mountain Pumped-Storage Plant* (Mỹ); hiệu suất năng lượng (từ điện đến trở lại điện) khoảng 75%- 80%. Đề xuất của Mục này chủ yếu bơm nước và dùng trực tiếp tưới cho nông nghiệp; nếu có trữ nước để phát điện lại chỉ là phần nhỏ cho nhu cầu điện nội bộ nông trang khi thiếu gió trong ngày.

8.7 TÀI LIỆU THAM KHẢO

Agnolucci P. 2007. *Wind electricity in Denmark: A survey of policies, their effectiveness and factors motivating their introduction.* Renewable and Sustainable Energy Reviews: Vol.11 (2007) pp.951–963.

Bergey Company. 2002. *WindCad Tua-bine Performance Model: XL.1.R.xls Spreasheet*.

Bùi Văn Thịnh. 2014. *Phát triển điện gió tại Việt Nam*: Tiềm năng--Cơ hội--Thách thức. Kỷ yếu Hội thảo ngày 15-4-2014 tại Tp Hồ Chí Minh, do Hiệp hội Điện gió Bình Thuận (BTWEA) và Công ty TÜV SÜD tổ chức.

Burton T., D. Sharpe, N. Jenkins, E Bossanyi. 2001. *Wind energy handbook*. John Wiley & Sons, Ltd.

DOE Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. 1997. *Small Wind Energy Systems for the Homeowner*. DOE/GO-10097-374 FS 135/

Douthwaite B. 2002. *Enabling Innovation:* A *practical guide to understanding and fostering technological change.* Zed Books, London.

EWEA (European Wind Energy Association). 2005. *WIND FORCE 12: a blueprint to achieve 12% of the world's electricity from wind power by 2020*.

German Wind Energy Association.2004. *Wind energy in Germany*. www.wind-energie.de .

Goswami D.Y. (Ed). 1986. *Alternative Energy in Agriculture*. CRC Press.

GWEC (Global Wind Energy Council). 2011. *Global Wind **2010** Report*: *Annual market update*.

Homebrew. 2004. *Windturbines: 14' Wind Turbines with Furling Tails*. http://www.otherpower.com/bigmills1.html

IRENA (International Renewable Energy Agency). 2015. *Renewable Power generation costs in 2014*. http://www.irena.org/Publications/ReportsPaper2014New.aspx?mnu=cat&PriMenuID=36&CatID=141&type=all .

Kühn P. 2010. *Small wind turbine market and performance in Germany*. Fraunhofer Institute for Wind Energy and Energy System Technology IWES, Kassel, Germany. <www.iwes.fraunhofer.de>

Lê Anh Tuấn. 2008. *Bài giảng Thủy văn môi trường*. Đại học Cần Thơ.

Lysen E.H. 1983. *Introduction to wind energy*. CWD-Consultancy Services, The Netherlands.

Mallet V.K. 2001. *The Use of Wind Energy in India - Lessons learned*.

Nguyễn Ngọc Chinh, L.V. Bạn, N.H. Tâm, P.H. Hiền. 2007. *Nghiên cứu các dạng động cơ gió để phát điện và bơm nước, qui mô 1– 10 kW*. Báo cáo Đề tài hợp tác giữa TT Năng lượng-Máy NN (ĐHNL TPHCM) và Cty CP TM-SX Thiết bị Điện Miền Nam.

Nguyễn Hoàng Dũng. 2013. *Cập nhật tiềm năng gió, hiện trạng phát triển điện gió Việt Nam và các chính sách liên quan.* Báo cáo chuyên đề tại Hội thảo điện gió, do Hiệp hội điện gió Bình Thuận (BTWEA) tổ chức ngày 10-5-2013 tại TP Phan Thiết.

Nguyen Thanh Nghi, H. F Gavino & M. J. C. Regalado. 2015. *Optimizing water utilization from a windpump-drip irrigation system for high-value crop production*. Int. J. of GEOMATE, June, 2015, Vol. 8, No. 2 (Sl. No. 16), pp. 1293-1299, ISSN:2186-2982(P), 2186-2990(O), Japan.

Nguyen Tuong Khanh. 2012. *Wind energy development in Vietnam.* Presentation at the Summer School 2012 (Water and Energy in South East Asia) held in Ho Chi Minh City, 30 March 2012.

Phan Hiếu Hiền. 2012. *Để giảm giá thành điện gió một cách bền vững*. Báo Khoa học Phổ thông TP Hồ Chí Minh, số 40/12 (1516) ngày 19-10-2012.

Power Technology. 2015. *The world's 10 biggest wind turbines*. < http://www.power-technology.com/features/featurethe-worlds-biggest-wind-turbines-4154395/ >

TrueWind Solutions, LLC. 2001. *Wind energy resource atlas of Southeast Asia*. Prepared for The World Bank Asia Alternative Energy Program

WWEA (World Wind Energy Association). 2008. *Wind tua-bines generate more than 1 % of the global electricity*. http://www.wwindea.org

WWEA (World Wind Energy Association).. 2012. *The World Wind Energy Report 2011*. http://www.wwindea.org/home/index.php

WWEA (World Wind Energy Association). 2013. *Small Wind World Report 2012.* www.WWindEA.org

WWEA (World Wind Energy Association). 2014. *Key Statistics of World Wind Energy Report 2013*. www.wwindea.org

Warlock Engineering. 2003. *10-kW (13m/s) 5m diameter carbon fibre blades for wind turbine.* http://warlock.com.au

Warlock Engineering. 2003. *1.8 metre diameter wind turbine blades and generator*. http://warlock.com.au

Yadav R. 2015. *Chinese Wind Turbine Manufacturers Eyeing Global Markets – Challenges and Opportunities*. Industry and Policy Symposium; DMV Business and Market Research Pvt. Ltd., India.

Yang Jian. 2011. *Achievements and experience in developing wind power in China*. Báo cáo của Hydrochina Corporation và Hiệp hội Điện Gió Trung Quốc tại Phan Thiết, 24-6-2011.

Các websites về năng lượng gió:

http://www.windpower.org Danish Wind Industry Association

http://www.otherpower.com Home-made Wind Power

http://www.gwec.net Global Wind Energy Council

http://www.wwindea.org World Wind Energy Association. 2008.

…

9 Năng lượng Sinh khối

9.1 TỔNG QUAN VỀ NĂNG LƯỢNG SINH KHỐI 264
9.2 PHÂN LOẠI SINH KHỐI 265
9.2.1 Phân loại theo nguồn gốc 265
9.2.2 Các phế phẩm nông nghiệp 266
9.2.3 Phân loại theo sinh khối theo dạng sử dụng 268
9.3 SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG SINH KHỐI THỂ RẮN 269
9.3.1 Các tính chất sinh khối thể rắn 269
9.3.2 Lượng không khí cần thiết để đốt nhiên liệu 272
9.3.3 Quá trình cháy sinh khối 279
9.3.4 Thiết kế lò đốt sinh khối 281
9.3.5 Cấu tạo một số lò đốt sinh khối 282
9.3.6 Đốt rác 285
9.3.7 Đốt sinh khối cho lò gạch 289
9.3.8 Vấn đề đáng quan tâm: Bếp đun ở nông thôn 293
9.3.9 Củi trấu và viên trấu 296
9.3.10 Than trấu 299
9.3.11 Sinh khối để đồng phát nhiệt điện (Cogen) 300
9.3.12 Sử dụng năng lượng sinh khối thể rắn trên thế giới 300
9.3.13 Sử dụng năng lượng sinh khối thể rắn ở Việt Nam 302
9.4 SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG SINH KHỐI THỂ KHÍ 304
9.4.1 Tình hình sử dụng hóa khí sinh khối trên thế giới 304
9.4.2 Tình hình sử dụng hóa khí ở Việt Nam 305
9.4.3 Quá trình hóa khí 306
9.4.4 Phân loại thiết bị hóa khí 307
9.4.5 Các thông số thiết kế hệ thống hóa khí 308
9.4.6 Áp dụng nhiệt: Lò đốt ga (gasifier-combustor) 309
9.4.7 Áp dụng cơ điện: Động cơ ga sinh khối 309
9.4.8 Vấn đề an toàn với thiết bị hóa khí 310
9.4.9 Tóm tắt về hóa khí 311
9.5 SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG SINH KHỐI THỂ LỎNG 312
9.5.1 Ethanol 312
9.5.2 Biodiesel từ cây có dầu 315
9.5.3 Biofuel từ gỗ củi 321
9.5.4 Vấn đề chung của nhiên liệu gốc sinh khối 321
9.6 CHÍNH SÁCH PHÁT TRIỂN NĂNG LƯỢNG SINH KHỐI. 322
9.7 TÀI LIỆU THAM KHẢO 322

9.1 TỔNG QUAN VỀ NĂNG LƯỢNG SINH KHỐI

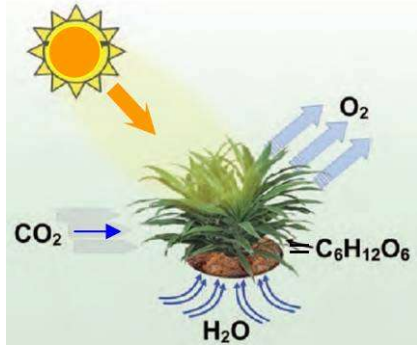
Khi nói về chất đốt hay nhiên liệu đốt, người ta thường chia ra 3 nhóm:

- Nhiên liệu gốc dầu hỏa như dầu diesel, dầu ma-zut (F.O = *fuel oil*), khí đốt, công thức hóa học chung là C_xH_y.
- Than đá: cũng là nhiên liệu gốc hóa thạch (*fossil fuel*); công thức chung là $C_xH_yO_z$ với thành phần chủ yếu là carbon C thể rắn.
- Nhiên liệu gốc sinh khối (***biomass***): củi, trấu, cùi bắp, vỏ đậu phộng, v.v; công thức chung cũng là $C_xH_yO_z$ nhưng carbon C có ở thể rắn và cả trong các hợp chất dễ bốc hơi với nhiệt độ từ 150 ^oC trở lên, gọi là "chất bốc (*volatile matter*)", thông thường gọi gần đúng là "khói".

Năng lượng sinh khối (**NLSK**, *biomass energy*) là năng lượng tích trữ của mặt trời, được chuyển đổi qua quá trình quang hợp (*photosynthesis*). Cây cối chuyển đổi năng lượng mặt trời thành carbohydrate, với hiệu suất khoảng 0,1 % và trữ trong lá, cành, thân, hoa, quả, hạt v.v (Hình 9.1).

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O \xrightarrow{\text{bức xạ mặt trời}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$$

Để có 1 m^3 gỗ củi, cây "hít vào" 1 tấn CO_2 và "thở ra" 750 kg O_2, và tạo ra 250 kg carbon trong gỗ. Lượng carbon này có thể được *đốt cháy* (trong thời gian ngắn) sinh ra CO_2 và năng lượng nhiệt hữu ích. Hoặc lượng carbon này được *phân hủy thụ động* (trong thời gian dài, vài năm) do vi sinh vật ăn mục cây chết; đây cũng là một quá trình đốt sinh ra CO_2, nhưng không sử dụng năng lượng được.



Hình 9.1. Quá trình quang hợp

Như vậy, về tác động môi trường, sinh khối là *"trung lập"* về phát thải khí CO_2; đốt sinh khối sinh ra CO_2, nhưng cây cỏ quang hợp hấp thu CO_2 trong một chu kỳ hoàn chỉnh.

Năm 2009, khoảng 2/3 năng lượng sinh khối được làm chất đốt đun nấu ở các nước kém phát triển, số còn lại vẫn đóng vai trò khiêm tốn, chỉ chiếm 10%, trong tổng năng lượng sơ cấp (*primary energy*) của thế giới. Trong khi đó, dầu khí và than đá vẫn chiếm hơn 80% năng lượng sơ cấp (Heinimo

và Junginger 2009). Lượng nhiên liệu hóa thạch này hàng năm xả lên bầu khí quyển khoảng 15 tỷ tấn CO_2. Trái đất có 6 tỷ người, trung bình mỗi người "xài" 2 tấn carbon từ nhiên liệu hóa thạch, một người Âu Mỹ tiêu thụ 6 tấn, gấp 40 lần người Bangladesh.

Khoảng 250 năm trước đây (trước cách mạng công nghiệp) hàm lượng CO_2 trong khí quyển chỉ 280 ppm CO_2; hiện nay là 360 ppm [#9.1] , nguyên nhân chủ yếu là đốt nhiên liệu hóa thạch không tái tạo như dầu và than đá (Stanhill G. 1984).

Khí CO_2 gây hiệu ứng nhà kính (*greenhouse effect*), là thủ phạm chính của hiện tượng toàn cầu bị nung nóng (*global warming*). Nhiệt độ trái đất đã tăng 0,6 ^oC trong 100 năm qua. Hệ quả là biến đổi khí hậu; mưa nhiều hơn, lụt lội nhiều hơn. Như Bangladesh năm 1991 và Myanmar 2008, lũ lụt đã làm chết mỗi nơi hơn 100 000 người, thiệt hại hàng tỷ USD. Ở Việt Nam trong những năm gần đây, có tháng bị khô hạn bất thường, có tháng chịu những trận bão lụt lớn cũng là dấu hiệu cảnh báo của hiệu ứng nhà kính.

Tóm tắt, đốt năng lượng hóa thạch gây ô nhiễm không khí, làm cạn kiệt dần nguồn tài nguyên không tái tạo này, gây thêm đói và nghèo cho các nước đang phát triển. Vì thế cùng với các dạng năng lượng tái tạo khác, ***năng lượng sinh khối*** là một giải pháp cho tương lai năng lượng thế giới.

Năng lượng sinh khối xuất phát từ nông lâm nghiệp, và trở lại phục vụ nông nghiệp, phục vụ công nghiệp và đời sống dưới nhiều dạng khác nhau.

Bài này trình bày các dạng sử dụng sinh khối (thể rắn, thể khí, và thể lỏng), tình hình sử dụng các dạng sinh khối này trên thế giới và ở Việt Nam, và các hướng phát triển năng lượng sinh khối.

9.2 PHÂN LOẠI SINH KHỐI

Có thể phân loại sinh khối theo nguồn gốc hoặc theo dạng sử dụng.

9.2.1 Phân loại theo nguồn gốc

Sinh khối được phân chia theo 4 nguồn:

[#9.1] **ppm** = *parts per million* = 1 phần triệu = 1 mg trong 1 kg. **ppb** = 1 phần tỷ.

- *Dư thừa cây trồng* (*plant residues*) hay phế phẩm nông nghiệp, kể cả từ gỗ và phế phẩm chế biến gỗ.
- *Cây trồng lấy năng lượng* (*energy crop*), trồng không phải để làm thực phẩm, ví dụ như cải quỳ, hướng dương, bắp, khoai mì, mía v.v.
- *Chất thải tạo khí sinh học* (*biogas*), là dạng sinh khối phế phẩm nông nghiệp "đặc biệt" gốc động vật hoặc thực vật, được vi sinh vật tạo ra.
- *Rác hữu cơ*, chủ yếu từ các đô thị.

9.2.2 Các phế phẩm nông nghiệp

Sản xuất nông lâm nghiệp cứ ra 1 tấn sản phẩm chính (gỗ, hạt lúa, bắp, đậu, đường…) tùy loại kèm theo 1– 2 tấn phụ phẩm như rơm, rạ, trấu, cùi bắp, thân bắp, lá mía, bã mía v.v. (Bảng 9.1). Đáng chú ý nhất, ở nước ta chủ yếu gồm các loại sau:

9.2.2.1 Gỗ củi

Khi khai thác gỗ làm vật liệu xây dựng hoặc nội thất, còn dư 0,4– 0,8 tấn củi vụn /ha. Cộng với các cành tỉa thưa trong thời gian chưa khai thác, tổng dư thừa khoảng 1,5 tấn/ha. Các dư thừa này có thể sử dụng dưới dạng:

Hình 9.2. Viên gỗ ép (P), và Thanh củi ép (Br)

- Gỗ ép viên (*pellet*): ép từ dăm bào, mạt cưa (Hình 9.2). Khoảng 7 m^3 ép thành 1 m^3, nên ưu điểm là kích thước đồng đều, dễ vận chuyển. Dung trọng khoảng 650 kg/m^3, ẩm độ dưới 8 %. Sản xuất pellet (FNR 2014) tiêu tốn 4- 6% năng lượng của nó (tương tự như sản xuất khí đốt tiêu tốn 4- 6% năng lượng của khí).
- Gỗ băm vụn (*chip*): dài 1– 10 cm. Để khô tự nhiên sau vài tuần, đạt ẩm độ khoảng 20 %, dung trọng 200- 300 kg/m^3 tùy loại gỗ.
- Gỗ củi thanh (*log*): dài 25– 50 cm. Để khô tự nhiên (kéo dài cả năm) đạt ẩm độ 20 %, dung trọng 300- 450 kg/m^3 tùy loại gỗ.
- Gỗ củi thanh ép (*briquette*): cũng ép từ dăm bào, mạt cưa.

Lưu ý: 1 m^3 gỗ đặc = 1,4 m^3 gỗ tròn xếp song song = 2,4 m^3 gỗ băm vụn.
1 Stere (xte) = 1 m^3 gỗ tròn xếp song song (*stacked* m^3).

Bảng 9.1. Lượng phụ phẩm nông lâm nghiệp (Kitani 1999)

Loại	Số lượng
Xưởng cưa xẻ gỗ: Vỏ cây: Mạt cưa: Dăm bào:	 180 kg / m^3 thành phẩm. 310 kg / m^3 thành phẩm. 620 kg / m^3 thành phẩm.
Xưởng ván ép, ván lạng: Vỏ cây: Dăm bào:	 180 kg / m^3 thành phẩm. 680 kg / m^3 thành phẩm.
Lúa	●1 tấn rơm rạ / tấn hạt; (năng suất ≈ 5- 8 tấn hạt/ha). *Tùy độ cao cắt lúa, được 0,4- 0,8 tấn rơm /tấn hạt.* ●0,2 tấn trấu /tấn hạt.
Bắp	●1 tấn thân lá /tấn hạt; (năng suất ≈5- 10 tấn hạt /ha) ●200 kg cùi bắp / tấn hạt
Mía	0,3 tấn bã mía /tấn mía cây; (năng suất ≈ 80 tấn mía cây /ha ==> 8 tấn đường)
Khoai mì	0,2 tấn thân lá/ tấn củ; (năng suất ≈ 30 tấn củ /1ha)

9.2.2.2 **Trấu**

Trấu có nhiều nhất ở các vùng trồng lúa, chiếm 20% khối lượng lúa. Việt Nam sản xuất 40 triệu tấn thóc thì cũng có được 8 triệu tấn trấu. Đặc điểm của trấu là tỷ lệ tro (*ash*) cao nhất (16- 23%) trong các chất đốt sinh khối. Tro làm giảm nhiệt trị chất đốt (chỉ còn 13-14 MJ /kg so với các sinh khối khác như gỗ củi, bã mía v.v, 16-19 MJ/kg), và làm cho thiết kế lò đốt phức tạp hơn. Tro chủ yếu hơn 90% là silica, tùy cách sử dụng có thể là ưu điểm (tinh luyện silica cho công nghiệp điện tử, hoặc phụ gia cho clinker sản xuất xi-măng), có thể là nhược điểm (tro tinh thể hình thành từ đốt ở nhiệt độ cao gây bệnh phổi, *silicosis*). Một đặc điểm khác là nguồn trấu tập trung tại nhà máy xay xát, nếu sử dụng tại chỗ sẽ bớt công vận chuyển. Gần đây, trấu được ép thành *củi trấu* hoặc *viên trấu*, và sử dụng nhiều cho lò hơi công nghiệp thay thế than đá (xem Mục 9.3.9)

9.2.2.3 Rơm rạ

Rơm rạ cũng là phụ phẩm của cây lúa; tùy theo giống và năng suất lúa, cứ 1 tấn thóc, có được 0,8 đến 1,5 tấn rơm (số phổ biến: 1 tấn). Tuy nhiên tùy độ cao cắt (0,1 -0,4 m), lượng rạ để lại trên đồng chiếm 20-60% tổng lượng rơm. Vậy, với sản lượng lúa hiện nay, mỗi năm Việt Nam có được khoảng 20 triệu tấn rơm đã cắt. Tuy nhiên, khác với trấu, lượng rơm này phân tán trên đồng, cồng kềnh, vì vậy chi phí thu gom cao. Một nhà máy xay xát 6 tấn/giờ chế biến được từ 80 ha lúa mỗi tuần và thổi trấu tập trung vào một điểm rộng 1000 m^2, nhưng rơm từ 80 ha đó nằm rải rác khắp cánh đồng rộng 800 000 m^2. Hiện tại ở Việt Nam, giá trị của rơm làm năng lượng không sinh lợi bằng các sử dụng khác như trồng nấm rơm hay nuôi bò. Nếu làm năng lượng, có lẽ phối hợp "rơm + phân gia súc" để tạo biogas sẽ có hiệu quả kinh tế hơn (xem Chương Biogas).

Tầm quan trọng của rơm trong lĩnh vực Sau thu hoạch *Lúa Gạo* gần đây được đánh giá cao, nâng cấp ngang tầm, thành bộ ba *Lúa-Gạo-Rơm.*

9.2.2.4 Cùi bắp (Lõi ngô)

Cùi bắp chiếm 1/5 khối lượng so với hạt khô (ẩm độ hạt 15%, ẩm độ cùi 18%). Với năng suất 5- 10 tấn hạt /ha, có được 1- 2 tấn cùi bắp /ha. Nhiệt trị cùi bắp (18- 20 MJ /kg) cao hơn trấu; nhưng ít tro hơn, chỉ ≈2%.

9.2.2.5 Bã mía

Bã mía là cây mía sau khi ép lấy đường, ẩm độ rất cao (≈50%), nếu chở đi xa nghĩa là chở lượng nước vô ích; nên thường chỉ được sử dụng trong phạm vi nhà máy đường, để đốt nồi hơi cho chế biến đường hoặc phát điện.

9.2.2.6 Các phế phẩm khác

Gáo dừa, xơ dừa, mụn (bụi) dừa, vỏ đậu phộng, vỏ cà-phê v.v. Nói chung sản phẩm cây trồng nào cũng có một lượng phế phẩm kèm theo.

9.2.3 Phân loại theo sinh khối theo dạng sử dụng

Có thể sử dụng nguyên dạng thể rắn tự nhiên, hoặc chế biến thành năng lượng dạng rắn khác, dạng lỏng, hoặc dạng khí (Hình 9.3).

- Dạng RẮN: Đốt phát nhiệt, sử dụng nhiệt trực tiếp hoặc chuyển thành năng lượng cơ /điện để chạy máy nổ và máy phát điện.
- Dạng KHÍ: Đốt hóa khí (*gasification*), và khí sinh học (*methane biogas*).

- Dạng LỎNG: Chuyển đổi thành nhiên liệu sinh học (*biofuel*) như cồn ethanol, methanol, và diesel sinh học (*biodiesel*) cho giao thông vận tải.

Hình 9.3. Ba dạng sử dụng dụng sinh khối (nhiệt, điện, xe tàu)

9.3 SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG SINH KHỐI THỂ RẮN

9.3.1 Các tính chất sinh khối thể rắn

Do có nhiều nguồn, các tính chất cơ lý của sinh khối khá đa dạng và đặc thù về kích thước, dung trọng, góc chảy, v.v. Ví dụ: bã mía khá cồng kềnh; trấu tuy nhẹ nhưng rất khó trôi chảy khi bị nung nóng.

Phân tích nguyên tố (*ultimate analysis*) của sinh khối cho biết các nguyên tố hóa học trong chất đốt. Bảng 9.2 so sánh hai loại sinh khối và than đá (nhiên liệu hóa thạch), qui về cơ sở khô (không ẩm độ). Cũng dễ chuyển đổi giữa "khô" và "ướt", ví dụ ở Bảng 9.3.

Bảng phân tích nguyên tố cho thấy %C ảnh hưởng đến nhiệt lượng tạo ra, %N và %S ảnh hưởng đến môi trường ($N \rightarrow NO_x$; $S \rightarrow SO_2 \rightarrow H_2SO_4$), và %Tro ảnh hưởng đến chi phí vận chuyển vô ích. Còn ẩm độ %W làm giảm nhiệt trị, giảm tốc độ phản ứng cháy, giảm nhiệt độ cháy, dễ sinh khói và muội. Khi ẩm độ ***%W = 0***, số liệu phân tích gọi là ***cơ sở khô***.

Nhiệt trị của chất đốt có hai trị số. *Nhiệt trị cao (Gross/ High heat value)* bao gồm cả nhiệt lượng trong hơi nước, chỉ dùng được khi hơi nước bị ngưng tụ lại. *Nhiệt trị thấp (Net / Low heat value)* không kể nhiệt lượng

chứa trong hơi nước; đây là trị số thường dùng trong tính toán thực tế, vì khói lò không được ngưng tụ.

Bảng 9.2. Phân tích nguyên tố vài loại sinh khối và than đá (cơ sở khô)

Chất đốt /*Nguồn* #	C %	H %	O %	N %	S %	Tro %	L_{hv} MJ/kg
Trấu /#1	36– 40	≈5	31 –37	0,5–2,0	< 0,1	18– 23	13,5
Rơm lúa nước /#2	41,8	4,6	36,6	0,7	0,08	15,9	14,5
Rơm lúa mì /#2	43,2	5,0	39,4	0,6	0,11		17,5
Cùi bắp /#2	46,6	5,9	45,6	0,5	0,01	1,4	18,7
Gỗ /#3	50,4 53,5	5,8- 6,9	40,5- 44,5	< 0,1	< 0,1	0,2- 2,2	18,0- 18,7
Than anthracite/#3	82,1	2,3	2,0	0,8	0,6	12,2	29,0

Ghi chú: L_{hv} = Nhiệt trị cao, MJ /kg khô.
/#1: Beagle 1978; /#2: Kitani 1999; /#3: Tillman et.al 1981.

Do bốc hơi 1 kg nước cần 2,44 MJ, nên liên hệ giữa nhiệt trị cao và nhiệt trị thấp theo công thức: $Q_{thap}\,[MJ/kg] = \frac{100 - W\%}{100} * Q_{cao} - 2{,}44 * \frac{W\%}{100}$

với $W\%$ = ẩm độ, cơ sở ướt.

Bảng 9.3. Phân tích nguyên tố: Chuyển đổi giữa cơ sở khô và ướt.

	C %	H %	O %	N %	S %	Tro %	Ẩm W %	L_{hv} MJ /kg
Bã mía (khô)	46,8	6,0	44,2	< 0,1	< 0,1	2,9	**0**	19,42
(ướt) 49%	23,9	3,1	22,5	< 0,1	< 0,1	1,5	**49**	8,71

Khi có bảng phân tích nguyên tố, có thể ước lượng nhiệt trị bằng các công thức của Mendeleev hay của Dulong-Petit (Perry và Green 1997). Thực tế có sẵn bảng tra vì nghiên cứu đã đo đạc được về các thành phần, thì cũng không khó đo nhiệt trị.

Bảng 9.4 đối chiếu nhiệt trị của chất đốt với giá mua (ví dụ ở Việt Nam) cho thấy giá năng lượng sinh khối rẻ hơn nhiều so với năng lượng hóa thạch. Sản xuất nông nghiệp cứ ra 1 tấn sản phẩm chính (hạt lúa, bắp, đậu, đường…) tùy loại kèm theo 1– 2 tấn phụ phẩm (rơm, rạ, trấu, cùi, thân, lá, bã v.v). Vì vậy trong việc sấy nông sản, nên dùng phụ phẩm của nông sản

này để sấy, "*lấy nó sấy nó*" là cách làm hiệu quả kinh tế, đồng thời bảo vệ môi trường, bớt tùy thuộc vào nhiên liệu hóa thạch (Phan H.Hiền 1987). Số liệu 2011 hay 2015 giá các chất đốt đều tăng so với 2008, nhưng tỷ số giá tương đối giữa các loại không thay đổi nhiều.

Bảng 9.4. Nhiệt trị nhiên liệu và giá năng lượng

Chất đốt	Nhiệt trị **(thấp)**	Giá mua 2008 (đồng /kg)	Giá N.Lượng 2008 (đồng /MJ)	Tỷ số giá (Trấu= 1)
Trấu 10% ẩm độ	11 MJ /kg	150 đ /kg	14	1,0
Cùi bắp 20% W	13,4 MJ /kg	250	23	1,6
Gỗ 20% W	11– 14 MJ /kg	400 đ/kg	31– 36	2,2– 2,6
Dăm bào khô	16–18 MJ/kg	500	38- 45	2,7– 3,2
Than gỗ	27 MJ /kg	3000	110	7,9
Than đá anthracite	29 MJ /kg	4500	155	11,1
Dầu diesel	35,6 MJ /Lit	16 000	450	32,1
Dầu hôi kerosene	35,3 MJ /Lit	-	-	-
Khí (ga) propane	51,4 MJ/kg	22 000	430	30,7
Điện	3,6 MJ /kWh	**1500**	420	30,0

Ghi chú: Giá mua thay đổi tùy vùng và thời gian; bảng trên chỉ để tham khảo chung. Nhiệt trị cụ thể thay đổi theo nguồn gốc chất đốt.

Phân tích thành phần (proximate analysis) dựa trên khả năng cháy ở dạng rắn, hoặc dạng khí của chất bốc (Bảng 9.5).

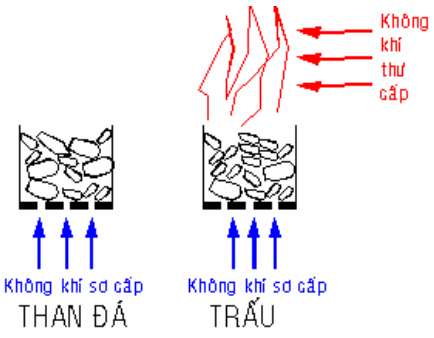
Bảng 9.5. Phân tích thành phần của trấu, củi và than đá, %.

	Chất bốc (thể khí), % *Volatile matter* (VM)	Carbon cố định (rắn) *Fixed carbon (FC)*, %	Tro, W *Ash*
Trấu	65 – 69	14 – 17	18 – 23
Củi	77– 87	13– 21	0,2
Than gỗ	10– 35 (tùy loại gỗ và cách hầm than)	50– 90	0,5– 1
Than đá	6 (không đáng kể)	82	8 – 12

Bảng phân tích thành phần cho thấy sự khác biệt cơ bản giữa đốt than đá và đốt sinh khối.

Do tỷ lệ giữa carbon trong chất bốc với carbon cố định (C khí / C rắn) của than đá và trấu rất khác biệt, vì vậy đốt than đá chủ yếu là đốt carbon cố định (ở thể rắn) nên chủ yếu nhờ luồng khí sơ cấp thổi xuyên qua ghi lò (Hình 9.4).

Đốt sinh khối, ngược lại, chủ yếu là đốt carbon và hydrogen trong chất bốc hơi ("khói"), chủ yếu nhờ luồng khí thứ cấp trên lớp than. Cũng có đốt carbon cố định nhưng không quan trọng bằng, vì hàm lượng này không nhiều như ở than đá.



Hình 9.4. Khác biệt giữa đốt than đá và đốt trấu

Từ phân tích thành phần của than củi và gỗ, có thể thấy: Đốt than củi là tiêu xài xa xỉ về năng lượng, vì chất bốc, phần đóng góp quan trọng cho nhiệt trị, đã bị loại bỏ trong quá trình hầm than.

9.3.2 Lượng không khí cần thiết để đốt nhiên liệu

Có thể hiểu quá trình đốt cháy nhiên liệu từ phương trình cháy của chất đốt đơn giản là khí metan, từ đó suy rộng ra với chất đốt phức tạp là sinh khối.

Ví dụ đốt methane CH_4

Phản ứng: $CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O$

Do 01 kmol oxygen (thể tích 22,4 m^3) đi chung với 3,76 kmol nitrogen (vì không khí chứa chủ yếu 21% oxygen và 79% nitrogen theo thể tích), hay 01 kmol oxygen ở trong 4,76 kmol không khí:

$$CH_4 + 2 * (1{,}00\ O_2 + 3{,}76\ N_2) \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O + 2 * 3{,}76\ N_2)$$

16 kg CH_4 tác dụng với 2* (4,76 * 22,4 m^3) = 212,2 m^3 không khí.

1 kg CH_4 cần 212,2 / 16 = 13,2 m^3 không khí.

Đây là lượng không khí lý thuyết, qui định bằng tỷ số lý thuyết $R = 1$

Thực tế, cần một lượng không khí dư (do hòa trộn không trọn vẹn) $R > 1$

(R là tỷ số giữa không khí thực tế và không khí lý thuyết)

$$CH_4 + 2 * \boldsymbol{R} (O_2 + 3{,}76\ N_2) \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O + 2 * \boldsymbol{R} * 3{,}76\ N_2 + 2 * (R - 1)\ O_2$$

Thực nghiệm xác định được: đốt dầu $R = 1{,}2 – 1{,}3$; đốt trấu $R = 1{,}5 – 1{,}8$.

Nhiều hay ít hơn đều ảnh hưởng không tốt đến quá trình cháy.

R ít quá thì hòa trộn không tốt giữa không khí và chất đốt.
R cao quá làm giảm nhiệt độ cháy, vì lượng nhiệt hao tổn *Q* và enthalpy phản ứng *H* liên hệ theo công thức

$$Q_{\text{TổnThấtNhiệt}} + H_{\text{KHÍ_PhảnỨng}} = H_{\text{KHÍ_SảnPhẩm}}$$

và Nhiệt độ cháy $T = f(R, Q_{\text{TổnThấtNhiệt}})$

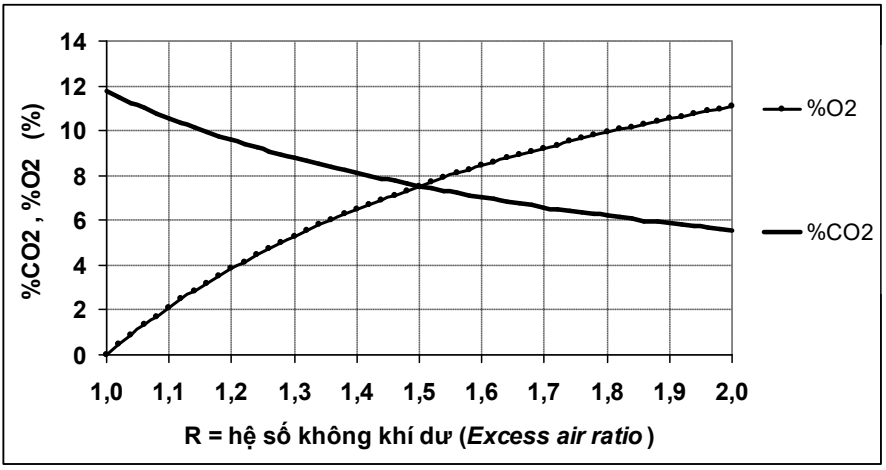
Nếu H_2O ngưng tụ, trong khí thải có:

$$[1]\ \text{mol}\ CO_2 + [2(R - 1)]\ \text{mol}\ O_2 + [2 * R * 3{,}76]\ \text{mol}\ N_2\ .$$

Suy ra hàm lượng trong khí thải:

$$\%CO_2 = \frac{1}{1 + 2(R-1) + 2R * 3{,}76} * 100$$ Ví dụ: $R = 1{,}6$; $\%CO_2 = 7{,}0\%$

$$\%\ O_2 = \frac{2(R-1)}{1 + 2(R-1) + 2R * 3{,}76} * 100$$ $\%\ O_2 = 8{,}4\%$



Hình 9.5. Ảnh hưởng không khí dư đến $\%CO_2$ và $\%O_2$ trong khí thải đốt methane.

Vậy, bằng thực nghiệm đo hàm lượng $\%CO_2$ và $\%O_2$, ta suy ra được lượng không khí dư (Hình 9.5). Một cách đo là dùng hóa chất tác dụng với CO_2 và

O_2 để xác định thể tích choán chỗ, như dụng cụ Bacharach (Hình 9.6) hoặc Orsat. Các dụng cụ đời mới dùng các sensor điện tử (Hình 9.7).

Đo $\%CO_2$ và $\%O_2$, biết được lượng không khí dư, từ đó ***điều chỉnh lượng cung cấp không khí***, với mục đích quá trình cháy đạt hiệu suất tối ưu

Hình 9.6. Dụng cụ Bacharach ™ đo CO_2 và O_2

Hình 9.7. Dụng cụ Bacharach™ đo CO_2 với đầu cảm biến

Đốt sinh khối

Chất đốt sinh khối được thể hiện dạng công thức $(C_1\ H_x\ O_y) + z\ (H_2O)$ như ở Bảng 9.6, và được chuyển đổi như sau

Bảng 9.6. Chuyển đổi giữa các cơ sở phân tích.

Cơ sở Ướt (Sử dụng)	C_u	H_u	O_u	N_u	S_u	A_u	W_u	=100 %
Cơ sở Khô	C_k	H_k	O_k	N_k	S_k	A_k		=100 %
Cơ sở Cháy	C_c	H_c	O_c					=100 %
Cơ sở Cháy +nước	C_{cw}	H_{cw}	O_{cw}				W_{cw}	=100 %
Công thức	C_1	H_x	O_y				z	

- Nhập số liệu thành phần cơ sở Ướt C_u, H_u, O_u, N_u, S_u, A_u, W_u
  (W_u là ẩm độ cơ sở ướt)
- Chuyển đổi thành cơ sở Khô (ký hiệu: k) của chất đốt
  (%) C_k, H_k, O_k, S_k, N_k, A_k.; (hoặc có thể tra bảng số liệu này).
- Chuyển đổi thành cơ sở chất Cháy (ký hiệu: c) :

  $C_c = C_k / (C_k + H_k + O_k)$

$H_c = H_k / (C_k + H_k + O_k)$

$O_c = O_k / (C_k + H_k + O_k)$. (Kiểm: $C_c + H_c + O_c = 100\ \%$)

$W_c = W_u / [(1 - W_u/100) * (1- (A_k + S_k + N_k)/100)]$

- Chuyển đổi trên cơ sở chất cháy, kể cả ẩm độ (ký hiệu: cw). Mặc dầu nước không cháy được, nhưng hơi nước hiện diện trong khí thải và ảnh hưởng đến enthalpy khí thải.

  $C_{cw} = C_c / (C_c + H_c + O_c + W_c)$

  $H_{cw} = H_c / (C_c + H_c + O_c + W_c)$

  $O_{cw} = O_c / (C_c + H_c + O_c + W_c)$

  $A_{cw} = A_k / [1 - (A_k + N_k + S_k) / 100]$

- Tính số kmol trong 100kg chất đốt, (cơ sở chất cháy kể cả ẩm độ)

  $C_m = C_{cw} / 12$

  $H_m = H_{cw} / 1$

  $O_m = O_{cw} / 16$

  $W_m = W_{cw} / 18$

  $A_m = A_{cw} / 60$. Khối lượng phân tử SiO_2, phần chính của tro = 60.

- Tính x, y, z cho công thức $\mathbf{C_1\ H_x\ O_y + z\ H_2O}$ biết C=12; H=1; O=16.

  $x = H_m / C_m$

  $y = O_m / C_m$

  $z = W_m / C_m$

  $a = A_m / C_m$

Lưu ý: $\mathbf{C_1\ H_x\ O_y}$ tương đương $\mathbf{C_1\ \frac{x}{2} H_2\ \frac{y}{2} O_2}$

Có được $C_1\ H_x\ O_y + z\ H_2O$, ta viết được *phương trình cháy*:

Lý thuyết: $C_1\ H_x\ O_y + n_{O2LT}\ O_2 \rightarrow CO_2 + (x/2)\ H_2O$

với số kmol oxygen lý thuyết cần: $n_{O2LT} = 1 + x/4 - y/2$.

Thực tế:

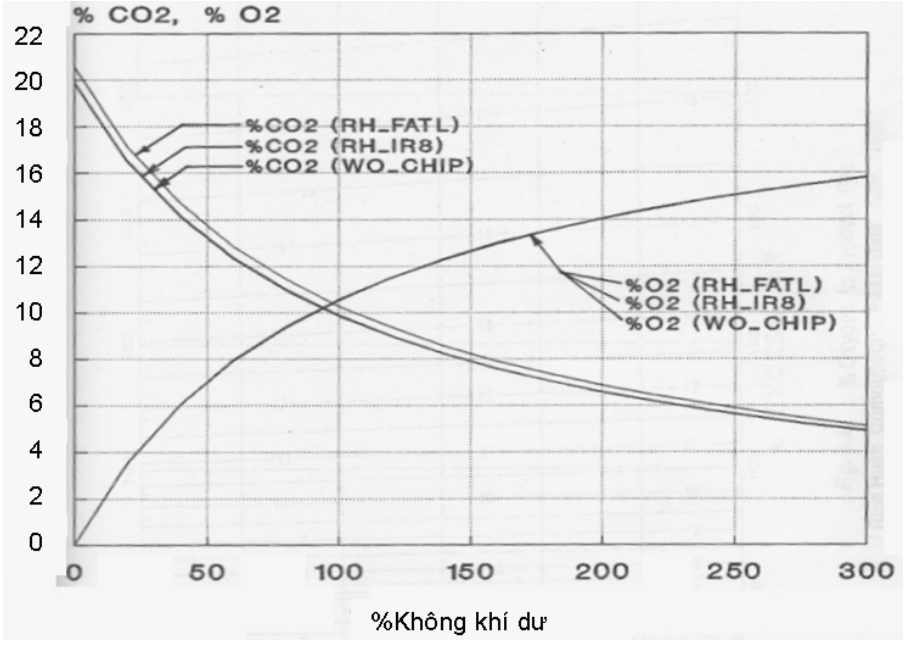
$$[\ C_1\ H_x\ O_y + z\ H_2O\ ] + a\ \{Tro\} + R\ .\ n_{O2LT}\ [O_2 + 3{,}76\ N_2 + 0{,}14\ H_2O\ ]$$
$$\rightarrow n_1\ CO_2 + n_2\ H_2O + n_3\ H_2 + n_4\ O_2 + a\ Tro + u\ C$$

(Pt 10.1)

Cách tính O_2 và CO_2 tương tự như ví dụ với methane.

Kết quả vẽ được đồ thị %CO_2 và O_2 theo %*Không khí Dư* (%*Excess air*), với R = 1 + (%*Không khí Dư* /100)

Hình 9.8 là đồ thị này với hai loại trấu và một loại gỗ củi (Phan H.Hiền 1993). Nhận xét là với sinh khối, %O_2 không tùy thuộc nhiều vào loại chất đốt, mà chỉ tùy thuộc %*Không khí Dư*.



Hình 9.8. Ảnh hưởng không khí dư đến hàm lượng CO_2 và O_2 trong khí thải đốt củi và trấu. (RH_FATL và RH_IR8: trấu của 2 giống lúa ; WO_CHIP: gỗ vụn)

Tính lượng không khí cần cho quá trình đốt sinh khối

Bài toán thường gặp là tính lượng không khí cần cho quá trình đốt, để chọn và *điều chỉnh quạt cung cấp không khí cho phù hợp*, ứng với điều kiện ẩm độ sinh khối cụ thể.

Ví dụ minh họa với bã mía. Đốt với hệ số không khí dư R = 1,6.

Số liệu dựa trên cơ sở ướt (ẩm độ W = 49%).

%C	H	O	N	S	Tro	%W	Tổng
23,87	3,06	22,54	0,03	0,03	1,48	49	100%

Có hai cách tính lượng không khí cần cho quá trình đốt:

Cách tính 1: Chuyển đổi từ cơ sở khô qua cơ sở ướt hoặc ngược lại theo các công thức ở Mục 10.3.22 trên, có được bảng kết quả như Bảng 9.7.

Bảng 9.7. Kết quả tính công thức sinh khối bã mía

%	Cơ sở ướt (u)	Cơ sở khô (k)	Cơ sở cháy (c)	Cơ sở cháy +nước (cw)	Số kmol	Số kmol qui C= 1	
C	23,87	46,80	48,25	24,24	2,020	**1**	
H	3,06	6,00	6,19	3,11	3,108	**1,5385**	= x
O	22,54	44,20	45,57	22,89	1,431	**0,7083**	= y
N	0,03	0,05	//////	//////			
S	0,03	0,05	//////	//////			
Tro	1,48	2,90	//////	//////			
Tổng		100					
W	49	0		49,76	2,765	**1,3686**	= z
Tổng	100		100	100			

Vậy, đã tính được công thức bã mía dạng tươi:

$C_1\ H_x\ O_y + z\ H_2O = C_1\ H_{1,5385}\ O_{0,7083} + 1,3686\ H_2O$

Một kmol $C_1\ H_x\ O_y$ này có khối lượng tham gia vào quá trình cháy:

$1 *12 + x *1 + y *16 = 1 *12 + 1,5385 *1 + 0,7083 *16 = 24,87$ kg

Áp dụng vào phương trình cháy Pt 10.1, số kmol oxygen lý thuyết cần:

$n_{O2LT} = 1 + x/4 - y/2 = 1,0304$ kmol

Biết 1 kmol O_2 đi chung với 3,76 kmol N_2 thành 4,76 kmol không khí (KK). Mỗi kmol KK nặng 28,97 kg.

Vậy 1 kmol O_2 ứng với KK nặng 4,76 * 28,97 = 137,90kg KK

n_{O2LT} ở trên ứng với 1,0304 * 137,90 = 142,10 kg KK

Lượng KK lý thuyết cơ sở cháy:

KK_{LTc} = 142,1 kg KK /24,87 kg bã mía

= 5,71 kg KK /1 kg bã mía (cơ sở cháy)

Bảng 9.8. Qui đổi cơ sở ướt và cháy

%	Cơ sở ướt (u)	Cơ sở cháy (c)
C	Cu = 23,87	Cc = 48,25
H	Hu = 3,06	Hc = 6,19
O	Ou = 22,54	Oc = 45,57
C+H+O	***49,47***	***100,00***
N	0,03	//////
S	0,03	//////
Tro	1,48	//////
W (ẩm)	49	
Tổng	100	100

Qui ra cơ sở ướt, Bảng 9.8 trích từ Bảng 9.7; tỷ lệ qui đổi dựa trên tổng số C+H+O.

Lượng kg KK lý thuyết cơ sở ướt KK_{LTu}

$$KK_{LTu} = KK_{LTc} * \frac{C_c + H_c + O_c}{C_u + H_u + O_u} = 5{,}71 * \frac{100}{49{,}17}$$

$$= 2{,}83 \text{ kgKK /1 kg ướt}$$

Với R = 1,6 thì Lượng kg KK thực tế

KK_{ThucTe} = R * KK_{LTu} = 1,6 * 2,83 = ***4,52 kg KK / 1 kg ướt.***

Cách tính 2 (trực tiếp):

100 kg bã mía cơ sở ướt chứa:
23,87 kg C; 3,06 kg H; 22,54 kg O và 49 kg W (nước). Coi như các vi chất (N, S) và tro không tham gia vào quá trình cháy.
Viết phương trình phản ứng cháy, và theo qui tắc tam xuất suy ra tỷ lệ O_2 (in đậm) cần thiết:

C + O_2 = CO_2

12 kg hoặc 1 kmol + **1 kmol** = 1 kmol

23,87 kg hoặc (23,87/12≈ 1,989) kmol + **1,989 kmol** = 1,989 kmol

và

H_2 + 1/2 O_2 = ... H_2O

2 kg hoặc 1 kmol + **1/2 kmol** = ... H_2O

3,06 kg hoặc 3,06/2 kmol) +(1/2 *3,06/2) ≈ **0,765 kmol** = ... H_2O

Vậy O_2 lý thuyết cần cho 2 phương trình trên = 1,989 + 0,765 = 2,754 kmol

Trong sinh khối đã có sẵn 22,54 kg O, ứng với 22,54 / 32 = 0,704 kmol O_2

Vậy số kmol O_2 lý thuyết (đã trừ O có sẵn) cần cho 2 phương trình trên:

$$\mathbf{n}_{O2LT} = 2{,}754 - 0{,}704 = 2{,}050 \text{ kmol}$$

Thực tế, R = 1,6 cần: R * n_{O2LT} = 1,6 * 2,050 = 3,279 kmol O_2

Biết 1 kmol O_2 đi chung với 3,76 kmol N_2 thành 4,76 kmol không khí (KK). Mỗi kmol KK nặng 28,97 kg.

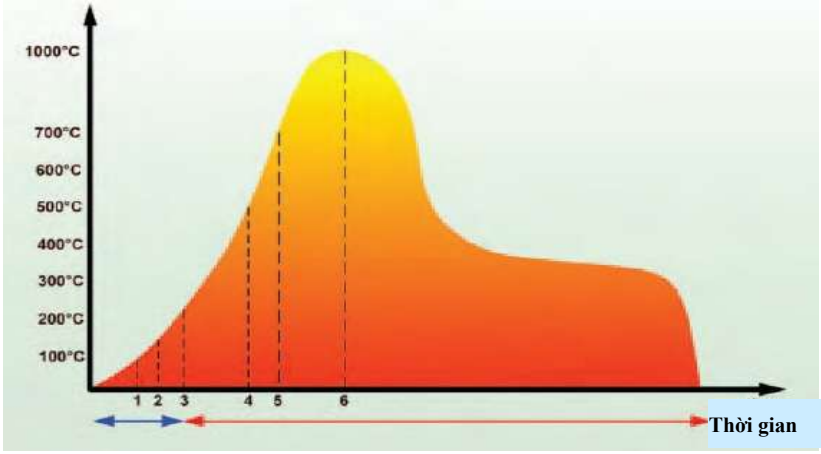
Vậy 1 kmol O_2 ứng với KK nặng 4,76 * 28,97 = 137,90 kg KK,

và số kmol O_2 thực tế ứng với: 3,279 * 137,90 = 452,2 kg KK/100 kg

= 4,52 kg KK /1 kg sinh khối (cơ sở ướt)

9.3.3 Quá trình cháy sinh khối

Quá trình cháy của sinh khối là một ***chuỗi phản ứng*** gồm 6 pha (Hình 9.9):



Hình 9.9. Diễn biến nhiệt độ trong quá trình đốt sinh khối

Pha 1 = *Heating*: Nung nóng chất đốt (nhiệt độ thấp hơn 100 ^oC), cũng có sấy nhưng không đáng kể.

Pha 2 = *Drying*: Sấy chất đốt (100– 150 ^oC), làm bốc thoát hơi nước.

Pha 3 = *Pyrolysis*: Nhiệt phân các chất bốc (nhiệt độ 150– 230 ^oC). Các hợp chất với chuỗi công thức hóa học dài bị cắt thành các chuỗi ngắn. Sản phẩm là nhựa lỏng, và các khí ga như một ít CO và phần lớn là hydrocarbon C_mH_n. Quá trình này không sử dụng oxgen.

Ba pha trên cần nhiệt cung cấp từ các pha tiếp theo.

Pha 4 = *Gasification*: Hóa khí (nhiệt độ 230– 500 ^oC) xảy ra ở lớp chất rắn, với không khí sơ cấp. Phản ứng oxygen với các chất bốc, cung cấp nhiệt cho các phản ứng trước.

Pha 5 = *Solid carbon gasification*: Hóa khí carbon rắn, sinh ra CO là chất cháy được; nhiệt độ đạt 500– 700 ^oC.

Pha 6 = *Oxidation*: Oxy-hóa, nghĩa là đốt cháy các khí cháy được sinh ra từ các pha trước; nhiệt độ đạt 700– 1400 ^oC. Cần không khí thứ cấp.

Vậy, carbon cháy qua 2 phản ứng $C + CO_2 \rightarrow CO$ và $CO + ½ O_2 \rightarrow CO_2$, mà ta thường thu gọn: $C + O_2 \rightarrow CO_2$.

Hiểu chuỗi phản ứng trên để thấy rằng đốt sinh khối dễ xảy ra hiện tượng ***cháy không trọn*** ***(****incomplete combustion****)***, sinh ra khí độc (CO), muội (C), nhựa (C_mH_n) và các loại bụi chưa cháy. Trừ CO không cảm nhận được, muội, nhựa và bụi là dấu hiệu "cảnh báo" của quá trình cháy không trọn và của sự hiện diện của khí độc CO hại cho sức khỏe.

Tránh được hiện tượng cháy không trọn với thiết kế lò đốt sao cho nhiệt độ đạt tối thiểu 800 ^oC, đủ oxygen với hệ số không khí thừa R lớn hơn 1,5 và thời gian lưu trú của các khí ga trong vùng cháy hơn 0,5 giây. Một kết cấu lò khá hữu hiệu để đốt cháy trọn là theo quá trình cháy ngược, được giải thích dưới đây.

Quá trình cháy thuận khi khối chất đốt nằm trên ghi lò, không khí được cung cấp từ phía dưới. Quá trình cháy tạo thành các "vùng" sau (Hình 9.10):

- Dưới cùng là vùng tro, gồm các chất trơ không cháy được.
- Kế trên là vùng cháy, chủ yếu là carbon thể rắn cháy rực đỏ.
- Kế trên nữa là vùng nhiệt phân; chất đốt bị nung nóng làm thoát các chất bốc lên trên.
- Bên trên khỏi mặt chất đốt, là vùng cháy chất bốc, cháy với ngọn lửa, nếu có đủ không khí thứ cấp; nếu rất thiếu không khí này, sẽ là "khói" mù mịt.

Gọi là cháy thuận, vì không khí cung cấp và khói sinh ra di chuyển *cùng chiều*. Quá trình này thường gặp nhất ở các bếp đun củi, than…

Quá trình cháy ngược: Nếu không khí được cung cấp từ trên đi xuống, lớp chất bốc cũng bị kéo ngược xuống, xuyên qua lớp than đang cháy đỏ và lớp tro đang còn nóng, chất bốc tăng nhiệt độ nên dễ dàng cháy hơn, và cháy trọn vẹn hơn, nghĩa là ít tạo khói và muội than. Gọi là cháy ngược, vì chiều di chuyển tự nhiên (đi lên) của chất bốc *ngược chiều* di chuyển của không khí đi xuống (Hình 9.10).

Hình 9.10. Quá trình đốt cháy thuận và cháy ngược

9.3.4 Thiết kế lò đốt sinh khối

Cần chú ý đến các điểm sau:

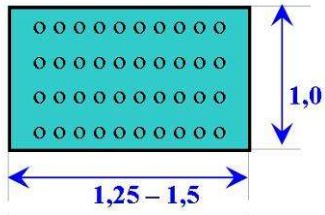
- Cơ bản là phải có dòng không khí thứ cấp.
- Dùng *ghi ngang*, cố định hoặc di động, với sinh khối ít tro.
- Dùng *ghi nghiêng*: thông dụng với chất đốt sinh khối nhiều tro.
- Có *bộ phận lắng tro bụi* như Cyclon hoặc Buồng lắng. Với buồng lắng, tốc độ khói lò đi trong buồng phải nhỏ hơn 0,5 m/s.

Thiết kế cần chú ý đến 2 chi tiết chính sau:

a) Diện tích ghi lò

Thông số cơ bản là **Định suất diện tích ghi** (*Thermal grate load*) là tải nhiệt mà diện tích 1 m^2 ghi lò chịu cháy được trong một đơn vị thời gian. (Gherzoi & Samochetov 1960)

Ví dụ: Củi: 3000 MJ h^{-1} m^{-2}
Than đá: 2500 MJ h^{-1} m^{-2}



Hình 9.11. Kích thước tương đối của ghi lò

Một thông số khác là *Độ hở ghi* là tỷ lệ diện tích hở ghi để không khí xuyên qua so với tổng diện tích ghi, thường khoảng 28– 40 % (Hình 9.11).

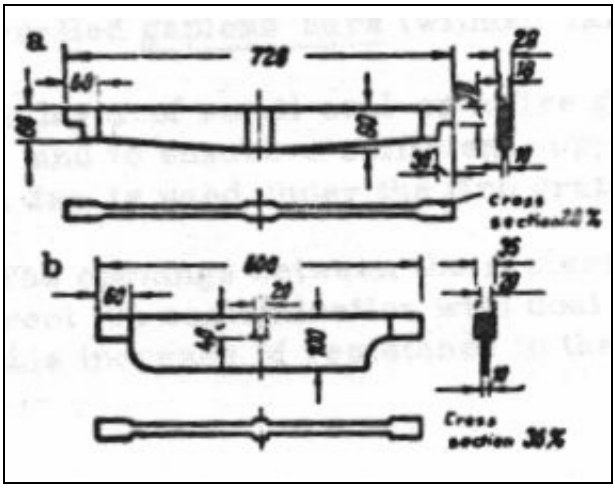
b) Thể tích buồng đốt

Thông số cơ bản là **Định suất thể tích buồng đốt** (*Thermal furnace space load*) là tải nhiệt mà thể tích 1 m^3 buồng đốt chịu cháy được trong một đơn vị thời gian.

Đã đúc kết được: Củi, than đá 800–1000 MJ h^{-1} m^{-3}.
Kinh nghiệm thực tế ở Việt Nam: Trấu 70 kg h^{-1} m^{-3}.

Ví dụ về kết cấu ghi lò

(Hình 9.12)



Hình 9.12. Ghi lò:

a. Lò máy sấy VISKhOM 3s-1 (đốt củi và than đá);

b. Lò máy sấy VTI-8 (đốt củi)

Nguồn: Gherzoi và Samochetov 1960

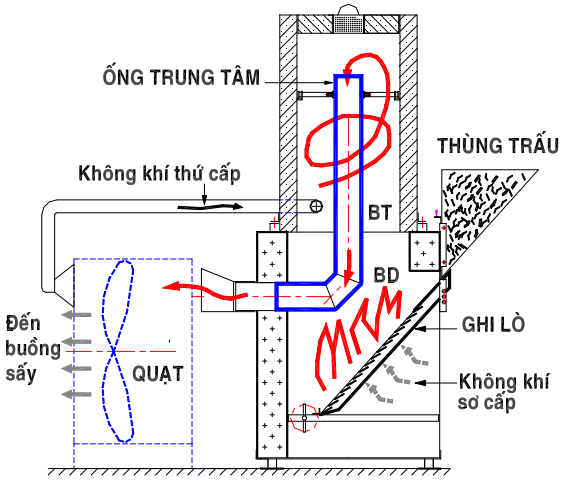
9.3.5 Cấu tạo một số lò đốt sinh khối

Lò đốt ghi nghiêng

Loại này dùng với các lò đốt bã mía trong nhà máy đường, hoặc lò đốt trấu để sấy lúa. Sau đây giới thiệu một lò đốt trấu, ghi nghiêng, buồng đốt hình trụ, sử dụng cho sấy lúa, với nhiều cỡ công suất, ví dụ 25 kg/h cho máy sấy 4 tấn/mẻ (Phan H. Hiền và ctv 2000).

Lò có một buồng đốt dưới hình hộp, có kết cấu tương tự như các mẫu lò đốt trấu thường gặp. Điểm khác biệt là có thêm buồng đốt trên hình trụ, làm nhiệm vụ lắng tro và tăng cường khả năng cháy chất bốc (Hình 9.13).

Trấu từ thùng chứa được nạp vào ghi lò qua cửa điều chỉnh. Quá trình cháy đầu tiên diễn ra trong vùng không gian dưới của buồng đốt. Chịu tác dụng của lực hút quạt sấy, khí cháy được hút về phía trên. Khi đi vào buồng đốt trên, gặp các đường gió thứ cấp (được nạp tiếp tuyến với hình trụ) sẽ chuyển động về phía trên theo các đường xoáy. Điều này có tác dụng kéo dài thời gian lưu trú của các phần tử cháy và chất bốc trong vùng cháy, làm cho quá trình cháy có khả năng xảy ra triệt để hơn. Do đó, lúa sấy không bị ám mùi khói, xay ra gạo không bị tro đen làm giảm độ trắng.

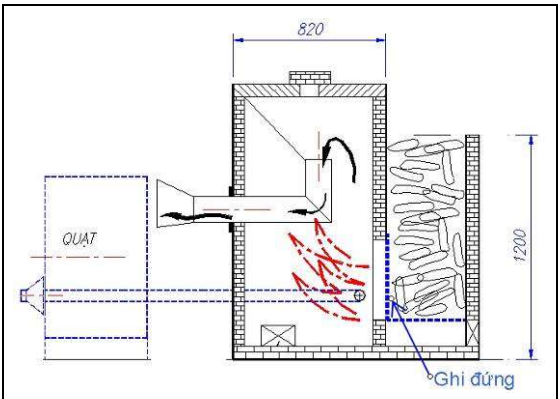


Hình 9.13. Lò đốt trấu ghi nghiêng buồng trụ

Lò đốt củi, cùi bắp, cháy ngược

Dùng nhiên liệu củi, cùi bắp, vỏ đậu phộng… thường được sử dụng khi sấy cà phê, bắp, đậu phộng, hạt điều v.v. Lò được thiết kế với nhiều cỡ công suất từ 25 đến 100 kg/h.

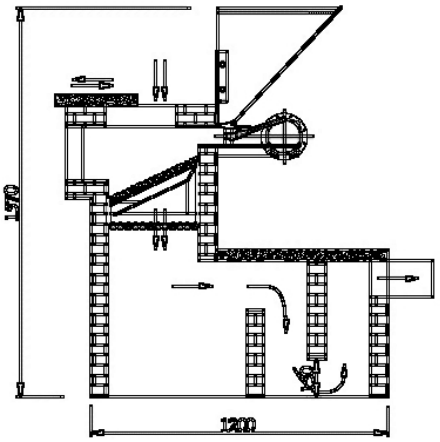
Cấu tạo (Hình 9.14), gồm có buồng đốt hộp có ghi lò dạng phẳng thẳng đứng để tạo sự cháy ngược và một ghi ngang để thoát tro, và buồng đốt trụ có cấu tạo và nhiệm vụ tương tự như buồng đốt trụ lò đốt trấu đã trình bày trên.



Hình 9.14. Lò đốt củi, cùi bắp cháy ngược

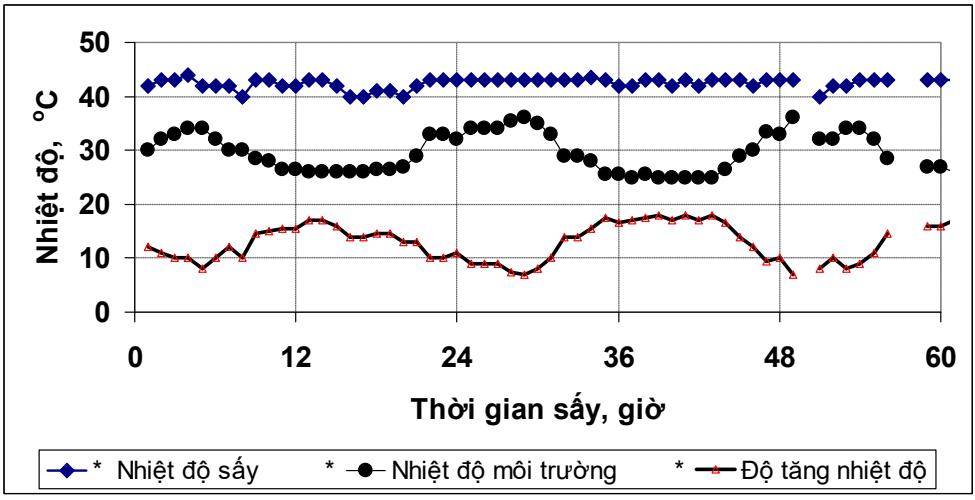
Chất đốt (củi hoặc cùi bắp) được nạp vào buồng đốt hộp. Không khí sơ cấp được quạt sấy hút vào từ phía trên xuyên qua lớp nhiên liệu xuống phía dưới nơi có ghi đứng. Quá trình cháy xảy ra trong không gian có ghi đứng này. Khí cháy được hút qua buồng đốt trụ, gặp đường gió thứ cấp (nạp tiếp tuyến với hình trụ) sẽ chuyển động về phía trên theo các đường xoáy, có tác dụng tương tự như ở lò đốt trấu. Do nguyên lý cháy ngược, chất bốc sinh ra trong quá trình nung nóng sẽ đi xuyên qua vùng cháy than có nhiệt độ cao.

Lò đốt trấu cung cấp tự động



Hình 9.15. Lò đốt trấu cung cấp tự động

Trấu được đẩy vào ghi nghiêng bằng piston (Hình 9.15) với thời gian đẩy và thời gian dừng tùy yêu cầu nhiệt độ và loại chất đốt. Ví dụ: 6 giây đẩy và 80 giây dừng (Nguyễn Thanh Nghị 2008).



Hình 9.16. Kết quả khảo nghiệm lò đốt trấu cung cấp tự động

Kết quả một khảo nghiệm trong thời gian dài 60 giờ (Hình 9.16) cho thấy nhiệt độ lò sấy khá ổn định (trung bình 42,5 ^{o}C ± độ lệch chuẩn 0,9 ^{o}C), dù nhiệt độ môi trường thay đổi nhiều (29,5 ^{o}C ± 3,6 ^{o}C).

9.3.6 Đốt rác

Nói chung cũng theo các nguyên tắc đốt sinh khối. Nhưng rác có các đặc điểm riêng cần xem xét trước khi quyết định đốt hay không, đốt thế nào.

Có 4 loại rác khác nhau: rác đô thị, rác công nghiệp, rác nông thôn, rác y tế. Ở đây chỉ đề cập về rác đô thị (*Municipal Solid Wastes* MWS), thường chiếm số lượng nhiều nhất. Đô thị, không phải chỉ là các thành phố lớn như Hà Nội hoặc TP Hồ Chí Minh, mà cả các thị trấn nhỏ vài chục ngàn người, thải ra vài chục tấn rác mỗi ngày. Các đô thị nhỏ này là điểm "trung chuyển" *vật tư và sản phẩm nông nghiệp*, cần được xét như có liên quan đến nông nghiệp.

9.3.6.1 Đặc điểm rác đô thị và vấn đề xử lý

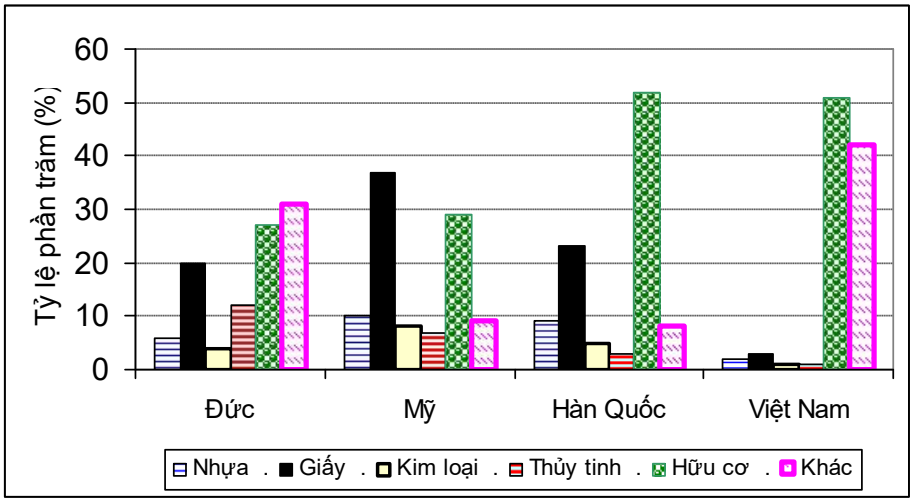
Rác đô thị ngày càng tăng, ví dụ TP Hồ Chí Minh hiện nay mỗi ngày thải ra 7000 tấn rác, hay 2,5 triệu tấn mỗi năm. Đất hẹp, người đông, nên phải xử lý lượng rác này theo hai yêu cầu sau: 1/ Bảo vệ môi trường sống của người dân (*ưu tiên*); 2/ Chuyển hóa thành vật liệu hoặc năng lượng hữu ích.

Thành phần của rác rất khác nhau giữa các nước (Hình 9.17 và 9.18), các đô thị, các địa điểm; ví dụ rác từ các siêu thị nhiều giấy và plastic hơn, rác từ các chợ nhiều dư thừa rau quả hơn. Nói chung, chia ra 2 loại: gốc sinh học (giấy, da, dư thừa thực phẩm, v.v) và gốc không phải sinh học (các loại nhựa, cao su v.v). Một số liệu về thành phần rác hữu cơ ở 9 địa điểm của các thành phố ở Việt Nam: trung bình 61,9% ± độ lệch chuẩn 7,4% (JICA 2011). Rác đến Khu xử lý rác Đa Phước (TP HCM) chứa đến 80% chất hữu cơ. Càng nhiều chất hữu cơ ẩm độ cao (50- 70%), nhiệt trị càng giảm.

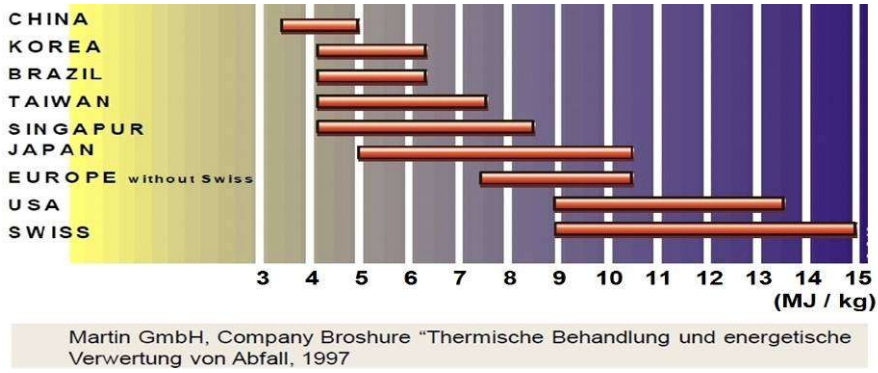
9.3.6.2 Các phương pháp xử lý rác đô thị

1) Tái chế; 2) Chôn lấp; 3) Làm mùn hữu cơ *compost*; 4) Đốt.

Hiện nay ở Việt Nam, tái chế được thực hiện "phi chính thức" thông qua lực lượng "ve chai đồng nát", thu hồi giấy, vỏ chai nhựa, chai thủy tinh, lon kim loại. Vì vậy đến các khu xử lý rác, còn lại chủ yếu chất hữu cơ ẩm độ cao (vụn rau quả, thực phẩm thừa v.v) và một ít plastics vụn; dĩ nhiên cũng lẫn một ít chất thải độc hại trong pin, linh kiện điện tử hư v.v.



Hình 9.17. Thành phần rác đô thị của 4 nước (khác nhau nhiều)
Rác "*Khác*" ở Việt Nam gồm: đất, bùn, gốm sứ, da, cao su, xỉ than, pin...



Martin GmbH, Company Broshure "Thermische Behandlung und energetische Verwertung von Abfall, 1997

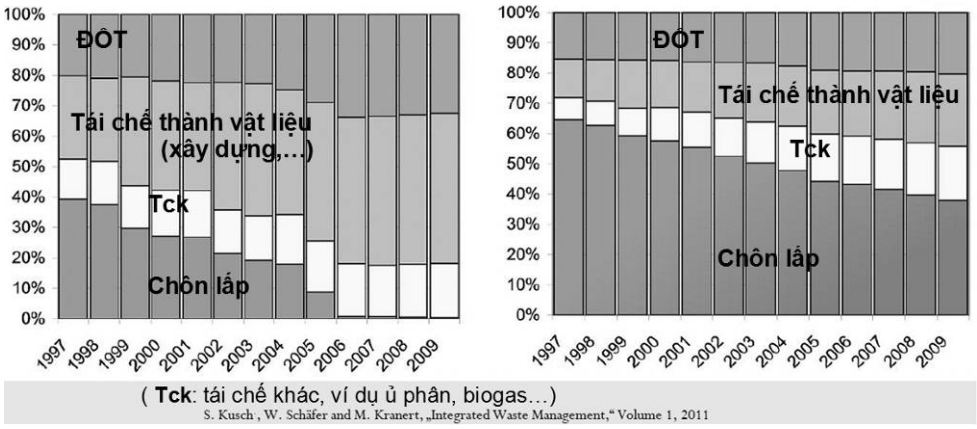
Hình 9.18. Nhiệt trị rác khác nhau giữa các nước và trong mỗi nước

Chôn lấp ở các bãi rác (*landfill*) ở Việt Nam chiếm 85% lượng rác sinh hoạt; phần này liên quan đến biogas nên được trình bày riêng. Lưu ý: khuynh hướng chung thế giới là giảm hoặc bỏ chôn lấp (Amrehn 2014), ***ví dụ Đức từ 2009 không còn chôn rác*** (Hình 9.19). Lý do: đất đô thị không còn nhiều, và vì các tác hại môi trường khác, như các chất độc hại ngấm vào đất và nguồn nước… trong thời gian dài.

9.3.6.3 **Đốt rác để phát điện**

Đốt rác giảm đến 90% thể tích và 75% khối lượng rác, không phải chôn lấp, và sản xuất ra năng lượng. Lưu ý đến khả năng sinh các chất khí độc do đốt nguyên liệu rác. Vì vậy, đốt rác có chất độc hại, thời gian tối thiểu 2 giây ở

1000 ^{o}C; và đốt hai lần ở hai buồng đốt, bảo đảm các khí có hại còn sót ở buồng 1 sẽ được đốt trọn ở buồng 2.



Hình 9.19. Các phương pháp xử lý rác đô thị: (a) Đức, (b) EU châu Âu .
Tỷ lệ chôn lấp giảm dần ở châu Âu, và hầu như không còn ở Đức từ 2006.

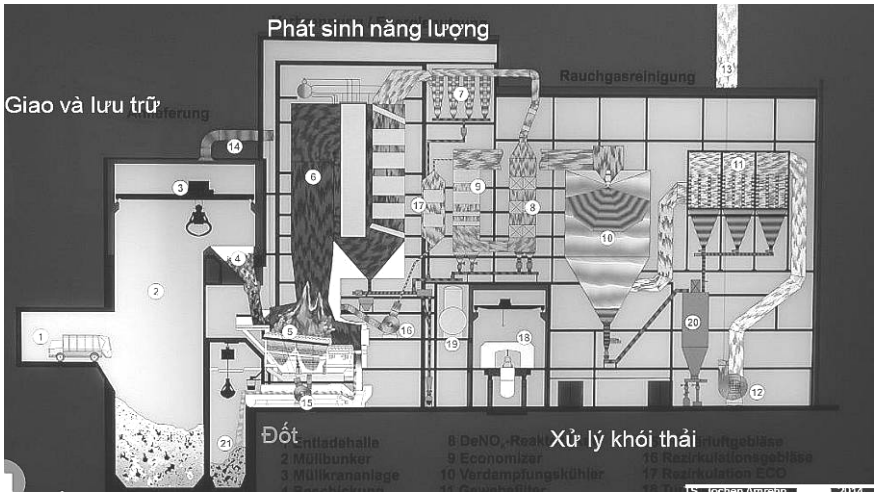
Hình 9.20 là sơ đồ một lò đốt rác đô thị. Lưu ý: khác với đốt sinh khối, phần làm sạch khói thải (*flue gas cleaning*) choán thể tích lớn hơn phần đốt và có thể chiếm đến 80% đầu tư. Phải loại bỏ bụi, các chất độc như HCl, SO_2, NO_2, Cd, Pb, dioxin... sao cho đạt được tất cả các tiêu chuẩn môi trường. Lọc tốt thì chi phí xử lý cũng rất cao; do vậy, các lò đốt chỉ kinh tế với số lượng xử lý lớn, hơn 500 tấn /ngày.

Ví dụ: Nhà máy điện rác Würzburg ở Đức: Xử lý 220 000 tấn/năm (600 tấn/ngày); công suất phát điện 25 MW phát được 88 triệu kWh/năm, phát nhiệt 28 MW. Vài chỉ tiêu lọc khói thải ghi ở Bảng 9.9.

Bảng 9.9. Kết quả lọc khói thải của nhà máy đốt rác Würzburg

	Bụi, mg /m^3	HCl, mg /m^3	SO_2, mg /m^3
Trước lọc	2500	1100	300
Sau lọc	< 1	< 7	< 20
(*so với*) Tiêu chuẩn (vừa):	30	50	300
Tiêu chuẩn (cao):	10	10	50

Ở qui mô nhỏ hơn (ví dụ ở các thị trấn nhỏ, 50- 100 tấn rác/ngày), hệ thống đốt thông qua khí hóa (*gasification*) thích hợp hơn về đầu tư. Tuy nhiên, rác phải được tái chế thành *chất đốt từ rác*, (RDF, *Refuse Derived Fuel*) ẩm độ thấp mới khí hóa được; 100 kg rác tươi thành 30 kg RDF dạng viên (*pellet*) hoặc thanh (*briquette*).



Hình 9.20. Sơ đồ một lò đốt rác

Nguồn: *Amrehn (2014), trích dẫn từ "Zweckverband Abfallwirschaft Raum Würzburg".*

9.3.6.4 Xử lý phối hợp cơ học và sinh học (*Mechanical Biological Treatment, MBT*)

Qui trình Faber-Ambra phối hợp các biện pháp cơ học và sinh học, đã được áp dụng ở Thái Lan từ 2004 (Amrehn 2014) phù hợp với rác nhiều hữu cơ và ẩm độ cao.

Tóm tắt về MBT (xử lý phối hợp cơ học và sinh học):

- Cơ học: phân loại, đánh tơi.
- Sinh học: lên men kỵ khí biogas làm năng lượng.
- Sinh học: sấy khô (với nhiệt do vi sinh hiếu khí) các thành phần có nhiệt trị cao và chế biến thành RDF; nhiệt trị có thể tăng từ 6 lên 18 MJ/kg. RDF ép dạng viên hoặc bánh sẽ dễ tồn trữ và vận chuyển, thích hợp để đưa vào lò đốt hoặc khí hóa.
- Cơ học (giai đoạn cuối): tách kim loại, chất trơ...

Thời gian cho một chu kỳ xử lý từ 5 đến 9 tháng.

Có lẽ qui trình này thích hợp, cần được thử nghiệm ở Việt Nam, ở qui mô thị trấn hoặc huyện vì đầu tư thấp, thích hợp với rác hữu cơ. Tuy cũng choán mặt bằng, dù tạm thời, nhưng vẫn hơn là bãi chôn rác.

9.3.7 Đốt sinh khối cho lò gạch

9.3.7.1 Hiện trạng

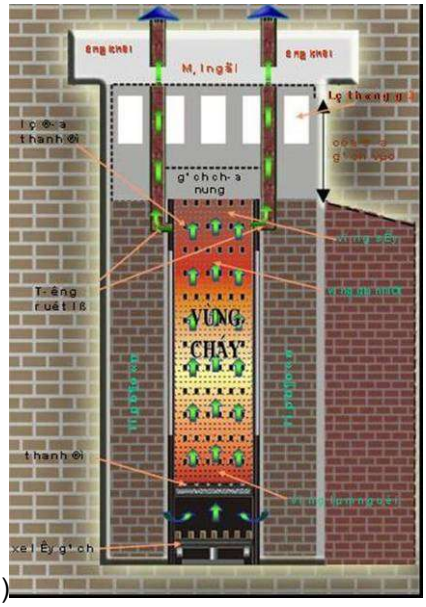
Nhu cầu xây nhà ngày càng tăng, căn cứ vào mức tăng dân số (ví dụ Việt Nam 2014 tăng khoảng 2600 người /ngày), chưa kể xây mới do mức sống tăng.

Hiện tại các lò gạch dùng các chất đốt than đá; củi hoặc trấu, đa số là lò thủ công, đốt trực tiếp trên ghi.

Vấn đề của các lò gạch thủ công:

- Hiệu suất thấp (đốt mẻ, nhiệt mất khi lò nguội). Cần chuyển qua đốt liên tục.
- Ô nhiễm môi trường, với bụi trấu, bụi tro, khói thải v.v.
- Phá rừng, nếu dùng củi.

(a) Photo: PHHien(b)



(b)

Hình 9.21. Lò gạch đứng VSBK
(a) ở Hòa Bình; (b) Sơ đồ

Các giải pháp khắc phục tới nay bao gồm:

9.3.7.2 Lò tuy-nen

Dùng than đá đắt tiền, đáng lẽ để dành để phát điện. Đầu tư lớn, ví dụ, với sản lượng 10 triệu viên /năm:

Lò tuy-nen (giá 2004):
Đầu tư: 6000 triệu đồng;

Lò thủ công (đốt than):
Đầu tư: 50 triệu đồng.

9.3.7.3 Lò cột đứng VSBK

(*Vertical Shaft Brick Kiln*)

Đầu tư 300 triệu đồng/ 3,5 triệu viên /năm, qui ra 850 triệu đồng/ 10 triệu viên /năm (giá 2004) mắc hơn lò thủ công, nhưng rẻ hơn nhiều so với lò tuy-nen.

Xuất xứ từ Trung Quốc (Jones 1995) lò VSBK được ứng dụng ở một số nơi như Hà Nội, Hòa Bình. Gạch được xếp thành từng khối nhiều lớp. Khi khối dưới được rút ra nhờ một cơ cấu chặn bằng vít và con lăn, các khối trên được di chuyển xuống thay thế, và khối phôi gạch mới được cung cấp từ trên đỉnh buồng lò đứng (Hình 9.21). Mức tiêu thụ chất đốt (than) của lò VSBK chỉ 1,4 MJ /kg gạch, thấp hơn nhiều so với 3,0 MJ/ kg ở lò thủ công.

Suy cho cùng, lò tuy-nen hay lò VSBS dù cải tiến, vẫn sử dụng năng lượng hóa thạch của than đá. Muốn hoàn toàn không dùng than đá, phải chuyển qua làm gạch không nung; hoặc dùng chất đốt sinh khối, như Đồng bằng Sông Cửu Long (ĐBSCL) đã dùng trấu.

9.3.7.4 Trấu cho lò gạch ở ĐBSCL

Từ 1997, khoảng 50% trấu ở ĐBSCL được dùng cho lò gạch. Tỉnh An Giang ước tính có 60% trấu từ các nhà máy xay xát của tỉnh được dùng cho nung gạch. Tỉnh Vĩnh Long với sản lượng 500 triệu viên gạch mỗi năm, không có đủ trấu, phải mua từ các nơi khác cách xa 100- 200 km. Lò gạch cỡ 50 000 viên mỗi mẻ, tiêu thụ 0,7 kg trấu cho mỗi viên gạch (hoặc 8,0 MJ/viên), với thời gian đốt 11 ngày gồm 4 ngày cho giai đoạn sấy gạch và 7 cho giai đoạn đốt nóng và nung (Phan H. Hiền và Nguyễn V. Xuân 2003).

Năm 2010, tuy có giảm, nhưng An Giang vẫn sản xuất 265 triệu viên gạch từ 450 lò gạch thủ công đốt trấu (chiếm 88% của tổng sản lượng 300 triệu viên). Trấu để nung gạch là dùng nguồn năng lượng rẻ nhất ở ĐBSCL (xem Mục 9.2.2). Một đơn vị nhiệt lượng từ than đá đắt gấp 5 lần so với một đơn vị nhiệt lượng từ trấu).

Năm 2012, một lò gạch đốt trấu tiêu biểu năng suất lớn hơn, 200 000 viên gạch mỗi mẻ (Hình 9.22 và 9.23), thời gian đốt dài hơn, 25 ngày (15 ngày cho giai đoạn sấy gạch và 10 ngày cho giai đoạn đốt nóng và nung). Tổng một chu kỳ là 55- 60 ngày, bao gồm 15- 20 ngày cho việc bốc xếp gạch vào ra, và 10- 15 ngày để gạch nguội. Theo các chủ lò gạch, sản phẩm gạch chất lượng tốt hơn, và tỷ lệ phế phẩm thấp hơn, 2-3% hiện nay so với 5-6% trước kia. Suất tiêu thụ trấu giảm còn khoảng *0,5 kg trấu /viên gạch*[#9.3], hoặc

---

[#9.3] Viên gạch có 2 loại thông dụng : a) "*gạch thẻ*", 18 cm x 8 cm x 4 cm, nặng 1,0 kg.
b) "*gạch ống 4 lỗ*", 18 cm x 8 cm x 8 cm, nặng 1,4 kg. Suất tiêu thụ trấu không khác nhau giữa hai loại này, vì gạch ống 4 lỗ được truyền nhiệt tốt hơn qua các lỗ viên gạch.

5,7 MJ/ viên. Vì thế hiện không còn dùng cỡ lò nhỏ cỡ 50 000 viên như trước.

Vận hành theo mẻ phải tốn 3-4 ngày cho gạch nguội, nghĩa là vừa tốn thời gian chờ đợi, vừa lãng phí năng lượng vì nhiệt lượng tản ra khi gạch nguội không được thu hồi, ví dụ như để sấy gạch.

Hình 9.22. Lò gạch đốt trấu

Hình 9.23. Lò gạch đốt trấu xả khói gây ô nhiễm

Năm 2010, thành phần chi phí trấu khoảng 160 đ/viên gạch (≈23% của chi phí sản xuất gạch 730 đồng/viên). Ước lượng nếu đốt than đá chở từ phía Bắc vào, chi phí than 900 đ/viên, bằng ≈60% chi phí sản xuất gạch (1400 đ/viên). *Rõ ràng đốt trấu làm giảm chi phí sản xuất gạch*.

Gần đây, nhiều vấn đề ***phát sinh*** về ***tiếp liệu*** trấu. *Năng suất các nhà máy xay xát tăng lên*, xu hướng từ 2012 là lắp đặt các nhà lớn năng suất 8- 20 tấn/giờ. Ở các nhà máy xay xát tập trung, có nhiều thời điểm xay nhiều, trấu dư thừa nên đã kinh doanh thêm việc sản xuất củi trấu và viên trấu. Còn các lò gạch vẫn phân tán, vì vậy việc tiếp liệu trấu trở nên đắt đỏ hơn, giá trấu 2014 là 600 đ/kg, so với 1997 chỉ 100 đ/kg (đã điều chỉnh theo tỷ giá). Điều này chỉ ra sự *cần thiết cải tiến lò gạch, để giảm chi phí sản xuất*.

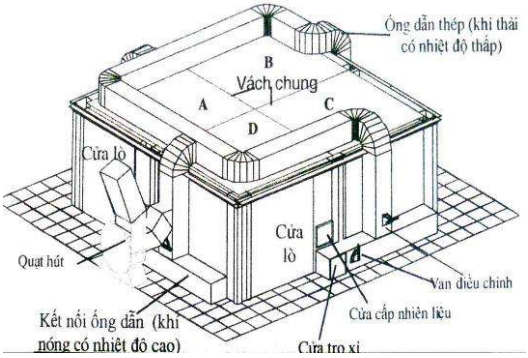
Vấn đề kế tiếp là ***môi trường***. Do các khu dân cư ngày càng gần với lò gạch, vốn thải đầy khói và bụi, nên mâu thuẫn phát sinh giữa sinh hoat và sản xuất. Nhiều tỉnh ở ĐBSCL đã tính lộ trình dẹp bỏ lò gạch đốt trấu, đồng nghĩa với phải bỏ luôn các ưu thế kinh tế của đốt trấu.

9.3.7.5 Lò gạch đốt trấu cải tiến (không khói)

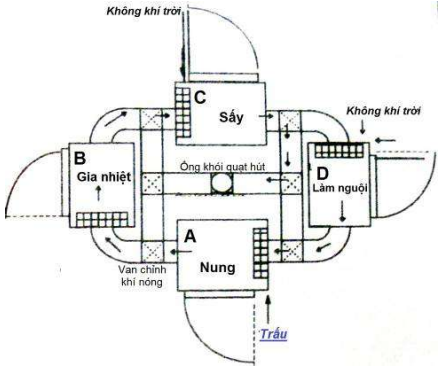
Đã có nhiều nghiên cứu ứng dụng để giải quyết các vấn đề trên, Philippines năm 1993 đã dùng trấu hóa ga để cung cấp nhiệt nung gạch.

Enerteam (Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển về Tiết kiệm Năng lượng, TP. Hồ Chí Minh), đã thử nghiệm mẫu ***lò gạch 4 buồng bán liên tục*** được chuyển giao từ Thái Lan (Hình 9.24 và 9.25). Mỗi buồng theo thứ tự quay

vòng bán liên tục qua 4 chế độ nhiệt: sấy, gia nhiệt, nung, và làm nguội. Nhiệt thải từ quá trình làm nguội được dùng để sấy gạch, tăng hiệu suất sử dụng năng lượng. Có thể coi đây như là bố trí đơn giản của loại lò gạch Hoffmann nổi tiếng về tiết kiệm năng lượng.



Hình 9.24. Sơ đồ lò gạch 4 buồng bán liên tục



Hình 9.25. Hình chiếu bằng của lò gạch 4 buồng bán liên tục

Theo các dữ liệu đã công bố (Prasertsan 1995; Enerteam 2010; Agitech 2010), và phỏng vấn (ThS Lê H. Việt, Enerteam; và ông Ngô Doãn Luật, chủ của lò gạch 4 buồng ở Sa Đéc, Đồng Tháp):

- Lò gạch với lò đốt trực tiếp được xây dựng thí điểm ở An Giang năm 2008; và mẫu lò với lò đốt hóa ga được xây dựng ở Đồng Tháp vào tháng 5-2010. Lò ở An Giang dùng nhiệt trực tiếp với 4 lò đốt kiểu ghi nghiêng thông thường. Lò ở Đồng Tháp dùng trấu hóa ga có hệ phân phối ga và béc đốt theo yêu cầu.
- Mỗi buồng của lò An Giang chứa 2000- 2300 viên gạch và được nung trong 12 giờ, cộng với 36 giờ cho chất gạch vào, sấy gạch, làm nóng, làm nguội, và tháo gạch ra. Qui ra năng suất trong 24 giờ là 4000- 4500 viên gạch, *tính như một quá trình liên tục*. Do vậy, thời gian chờ đợi là tối thiểu, và sản lượng gạch hàng năm có thể đạt 1 triệu viên.
- Mỗi buồng của lò Đồng Tháp lớn hơn, chứa 5000 viên gạch, với cùng quá trình nung như trên, nên năng suất mỗi ngày là 10 000 viên gạch.
- Đầu tư lò 4 buồng đốt trực tiếp ở An Giang là 150 triệu đồng, vậy so sánh theo sản lượng gạch hàng năm, đầu tư này tương đương với lò thủ công truyền thống, nhưng thấp hơn 3 lần so với lò tuy-nen. Chất lượng gạch được báo cáo là tốt hơn gạch từ lò thủ công, mặc dù vẫn thua gạch từ lò tuy-nen (Agitech 2010).

- Lò gạch 4 buồng, có bộ phận hóa ga nhập từ Ấn Độ với giá khoảng 70000 USD. Nếu bộ phận hóa ga được chế tạo trong nước, giá cũng cỡ 400 triệu đồng hay ≈20000 USD như thiết bị tương tự hiện được chế tạo tại Campuchia. Vậy chi phí bộ phận hóa ga cao ít nhất gấp 3 lần so với buồng nung gạch, như thế sẽ đội chi phí sản xuất gạch lên cao.
- So sánh về mặt năng lượng (Bảng 9.10): Với giá năm 2010, trấu 200 đ /kg, điện 900 đ /kWh.

Bảng 9.10. So sánh năng lượng sử dụng của lò gạch 4 buồng và lò thủ công

Loại lò gạch	Trấu , kg / viên gạch	Điện, kWh / viên gạch
Lò 4 buồng, đốt trực tiếp	*0,36*	-
Lò 4 buồng, đốt hóa ga	0,29	0,018
Lò thủ công truyền thống	0,50	-

Lưu ý, năm 2013, giá tăng: 300- 400 đ/kg trấu, và 1500 đ /kWh điện.

9.3.8 Vấn đề đáng quan tâm: Bếp đun ở nông thôn

9.3.8.1 Hiện trạng và tầm quan trọng

Ở Âu Mỹ hầu như 100% đun nấu bằng gas hoặc điện. Ngược lại, khảo sát nhiều làng ở Ấn Độ (1990) chỉ khoảng 10% đun bằng gas hoặc điện, 50% bằng củi, 40% phân bò, và phế liệu nông nghiệp. Năm 2012 thế giới vẫn còn 2,7 tỷ người (gần một nửa dân số thế giới) đun nấu bằng củi và các sinh khối khác theo cách cổ truyền (Bảng 9.11).

Ở Việt Nam năm 1995, tính chung cả nước, chỉ 10% năng lượng đun nấu là từ than đá và dầu khí. Riêng Hà Nội, đun nấu bằng điện chiếm 30%, bằng than đá 50%, củi chỉ 20%. Nhu cầu củi mỗi hộ nông thôn là 0,5– 0,7 tấn/năm; suy ra tổng nhu cầu là 35 triệu tấn củi /năm, tương đương ≈15 triệu tấn than đá.

Năm 2012, mức sống cao hơn, đun nấu bằng điện và ga nhiều hơn, kể cả ở nông thôn. Nhưng với đa số thu nhập thấp, củi vẫn là chất đốt rẻ hơn nhiều so với điện hoặc ga. Cũng một nửa dân số đun nấu bằng củi…

Nước nghèo, tăng dân số đồng nghĩa với tăng tỷ lệ sử dụng củi; và dẫn đến phá rừng. Càng phá càng phải đi kiếm củi ở xa và vác nặng.

Ước lượng hàng năm thế giới mất 200 000 ha rừng, trong đó 1/4 chuyển đổi thành đất nông nghiệp, 1/4 do cháy, và ***1/2*** do khai thác gỗ, củi.

Bảng 9.11. Tỷ lệ dân số đun nấu bằng củi và sinh khối khác (SK) năm 2012 ở các nước trên thế giới (IEA 2014)

Vùng / Nước		Tỷ lệ % dân số đun SK	= triệu người
Toàn thế giới		**49%**	**2 680**
Bắc Phi châu (Algerie, Tunisia…)		1%	1
Phi Châu (các nước còn lại)		80	727
trong đó:	*Madagascar*	*98%*	*22*
	Tanzania	*96%*	*46*
	Nam Phi	*13%*	*7*
Trung Đông (11 nước, trừ Yemen)		≈ 0%	0,3
	Yemen	33%	8
Trung Quốc		33%	448
Ấn Độ		66%	815
Đông Nam Á		46%	280
trong đó:	*Campuchia*	*89%*	*13*
	Lào	*65%*	*4*
	Việt Nam	*51%*	*45*
	Myanmar	*93%*	*49*
	Philippines	*49%*	*47*
Brunei, Singapore, Malaysia		*0%*	*0*
	Thái Lan	*24%*	*16*
Các nước Á Châu khác		74%	332
trong đó:	*Bangladesh*	*89%*	*138*
	Pakistan	*62%*	*112*

Giải pháp đối phó khác ở các nước là tìm phế liệu khác như phân bò phơi khô để đun nấu. Nhưng thiếu phân ảnh hưởng đến năng suất cây trồng. Một nghiên cứu ở Ấn Độ cho thấy đốt 1 tấn phân làm giảm 50 kg năng suất hạt, giá trị cao hơn đi kiếm củi chỉ 27 USD /tấn.

Giải pháp khác thực tế hơn là cải thiện hiệu suất bếp đun. Với bếp thường, hiệu suất chỉ khoảng 12%; bếp ba cục gạch còn tệ hơn, chỉ khoảng 6%.

Nếu tăng hiệu suất bếp đun đến 20% (thực tế có thể đạt 22%) và giả sử thế giới dùng 30 triệu tấn củi mỗi năm, thì mức giảm tương đương với:

$$(20 - 12) / 20 * 30 \text{ triệu tấn} = 12 \text{ triệu tấn củi.}$$

Nếu 1 ha cho 10 tấn củi /năm, thì giảm được 1,2 triệu ha rừng bị phá, một diện tích đáng kể.

Cần loại bỏ *bếp than củi* vì than làm mất gần một nửa nhiệt trong củi, dù có giảm chi phí vận chuyển nhưng chưa bù được chi phí nhiệt mất đi. Một nghiên cứu ở Thái Lan cho thấy: dùng bếp than, chỉ 3% nhiệt trong củi là để đun nóng nước.

9.3.8.2 Hiệu suất bếp đun

Xác định hiệu suất bếp đun bằng phương pháp chuẩn là đun nước. Qui ước: "sôi" ở 95 ^{o}C, và định nghĩa:

$$\text{Hiệu suất } Eff = \frac{\text{Nhiệt nồi nước thu được, MJ}}{\text{Nhiệt chất đốt cung cấp, MJ}}$$

$$Eff = \frac{M_{\text{nồi}} * C_{p_\text{nồi}} * (T_2 - T_1) + M_{H2O} * C_{p_\text{H2O}} * (T_2 - T_1) + M_{bH2O} * h_{fg}}{G_{\text{chất đốt}} * L_{hv_\text{chất đốt}}}$$

với:

$M_{nồi}$, M_{H2O} :	Khối lượng của nồi và của nước chứa trong nồi,	kg
$C_{p_\text{nồi}}$, C_{p_H2O} :	Nhiệt dung của vật liệu nồi và của nước,	kJ / (kg.K)
T_1 , T_2 :	Nhiệt độ đầu và cuối,	^{o}C
M_{bH2O} :	Khối lượng nước bị bốc hơi trong quá trình đun,	kg
h_{fg} :	Ẩn nhiệt bốc hơi của nước	kJ/ kg
$G_{\text{chất đốt}}$:	Khối lượng chất đốt tiêu thụ,	kg
$L_{hv_\text{chất đốt}}$:	Nhiệt trị thấp của chất đốt,	kJ /kg

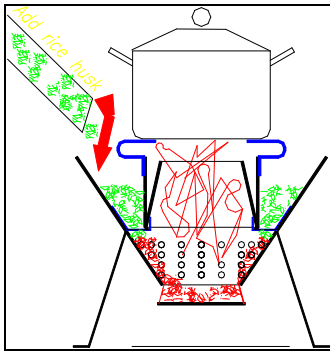
9.3.8.3 Bếp đun trấu

Trấu được sử dụng trong nấu ăn ở Đồng Bằng Sông Cửu Long (ĐBSCL), không có rừng như ở Trung Bộ và Bắc Bộ. Trước đây 25 năm hầu như hộ nông thôn ĐBSCL đều sử dụng lò trấu với kết cấu độc đáo và đơn giản, bằng thép mỏng phế liệu, là loại lò "ghi" nghiêng, được mô tả rất sớm từ năm 1977 trong bài báo tại TP Hồ Chí Minh (Giáp Xứ 1977), không phải từ Thái Lan đến năm 2000 mới đề cập.

Mẫu lò trấu này được FAO (Tổ chức Lương Nông Liên Hiệp Quốc) và IRRI (Viện Lúa Quốc tế) đem phổ biến ở nhiều nước châu Phi và châu Á

(Philippines, Myanmar v.v) với tên gọi "LOTRAU" (Hình 9.26). Khảo nghiệm ở IRRI, lò đạt hiệu suất 13% với mức tiêu thụ trấu ≈1,5 kg/giờ.

Sử dụng lò trấu bằng tôn "*Lotrau"* đã giảm nhiều trong những năm gần đây ở ĐBSCL mặc dù giá thành rẻ (qui khoảng 1 USD). Nguyên nhân là khi mức sống cao hơn, nhiều người đã dùng ga trong nấu nướng, nồi điện nấu cơm; và lò trấu bằng tôn rẻ tiền ảnh hưởng đến "vị thế " của gia đình nếu họ không quá nghèo. Họ thay bằng lò trấu kép bằng xi măng (Hình 9.27), bền hơn, dù mắc hơn (giá khoảng 700 000 đồng = 35 USD/cái, bao gồm cả 2 ống khói bằng xi măng). Lò bằng xi măng cũng được sử dụng trong chế biến thực phẩm thủ công (bánh tráng, đậu hủ, nấu rượu, v.v, Hình 9.28).



Hình 9.26. "LO TRAU"

Hình 9.27. Lò trấu kép bằng xi măng

Hình 9.28. Làm bánh tráng dùng lò đốt trấu
(Photo: P.H.Hien)

Hai vấn đề của bếp đun trấu, cũng như lò đốt trấu cho máy sấy: a) Cháy không trọn vì silica tinh thể hình thành ở ≈800 ^{o}C "nhốt" một phần carbon chưa cháy (*silica skeleton*); b) Tro kết dính gây đóng bánh (*caking*) nên cung cấp trấu và cào tro phải làm sau khoảng 5 phút, khá tốn công.

9.3.9 Củi trấu và viên trấu

Củi trấu (*rice husk briquette*) được ép đùn bằng vít; sử dụng đầu tiên cho nấu nướng. Có nhiều cỡ, ví dụ, máy ép ở **Thái Lan**, năng suất 100 kg/giờ:

- Tăng tỷ trọng từ 110 kg/m^3 đến 1300 kg/m^3 (gấp hơn 10 lần).
- Cần 0,12 kWh (0,43 MJ điện) và 1,3 MJ nhiệt để ra 1 kg thanh trấu
- Ép 3 tấn sản phẩm, phải hàn đắp vít.
- Ép 10 tấn sản phẩm, phải thay vít.
- Giá máy 4000 USD.

Bangladesh đã ứng dụng củi trấu phổ biến ở hộ dân (Hình 9.29). Giá máy: (Bộ phận ép đùn 250 kg/giờ: *440 $*) + (Động cơ 20 HP: *180 $*) = *620 USD*. "Bí quyết" là thợ hàn ở nông thôn dễ dàng đắp hồi phục đầu vít ép sau mỗi 6 giờ sử dụng; người chủ sắm sẵn hơn 10 trục để lần lượt thay thế ngay, sau đó mới kêu thợ hàn đến.

Photo: PHHien

Hình 9.29. Máy làm củi trấu ở Bangladesh.

Việt Nam: Thập niên 1980, các hội chợ đều triển lãm nhiều kiểu máy ép củi trấu, nhưng không phát triển; do mau hư vít, phải đem đến nhà sản xuất sửa chữa. Khoảng 2008, cũng với kinh nghiệm sửa chữa đầu vít ép tại chỗ, và chất lượng chế tạo tốt hơn, máy ép củi trấu tái xuất hiện và phát triển nhanh từ đó (Hình 9.30).

(a): Giàn máy sản xuất củi trấu

(b): Sửa chữa vít ép

(c): Củi trấu ra từ dây chuyền sản xuất

(d): Đống củi trấu

Hình 9.30. Giàn máy sản xuất củi trấu ở Đồng Tháp. Photo: PHHien

Năm 2012 ở các tỉnh phía Nam có ít nhất 7 nhà sản xuất thiết bị làm củi trấu, và hơn một trăm nơi sản xuất củi trấu. Các cơ sở nhỏ dùng 2- 10 máy ép củi trấu, thường ở các nhà máy xay xát cỡ trung. Các cơ sở lớn ở các nhà máy xay xát lớn, hoặc là các công ty độc lập, sử dụng 30- 100 máy củi trấu, sản lượng mỗi cơ sở 25- 100 tấn/ngày.

Củi trấu được cung cấp chủ yếu cho các lò hơi công nghiệp (ở Bình Dương, Đồng Nai v.v) để thay than đá. Tùy theo kích cỡ, mỗi nồi hơi này tiêu thụ *5- 20 tấn củi trấu mỗi ngày, hay* 2000- 8000 tấn mỗi năm.

Năm 2014 tuy giá trấu tăng hơn 3 lần so với 2011, chi phí củi trấu cho mỗi đơn vị nhiệt (đ/MJ) vẫn rẻ hơn 2 lần so với than đá (Bảng 9.10).

Bảng 9.10. So sánh giá trấu và than đá

Năm ↓ *Chất đốt (CĐ)→*		*Trấu rời*	*Củi trấu*	*Viên trấu*	*Than đá*
2011 Giá	đ / kg	150	800	-	4500
	đ / MJ	11	59		155
So sánh đ /MJ (Than / CĐ)		*14,0*	*2,6*		*1,0*
2014 Giá	đ / kg	500	1200	1400	5500
	đ / MJ	37	89	104	190
So sánh đ /MJ (Than / CĐ)		*5,1*	*2,1*	*1,8*	*1,0*

Ghi chú: Giá xuất xưởng (chưa kể phí chuyên chở)
Nhiệt trị: Trấu 13,5 MJ/kg; Than đá 29 MJ/kg

Một dạng khác sử dụng năng lượng trấu ép là ***viên trấu*** (*rice husk pellet*). Năm 2012 có vài nhà sản xuất viên trấu ở ĐBSCL. Ví dụ một cơ sở ở An Giang (Hình 9.31) có 2 máy tạo viên trấu, mỗi máy có năng suất 1,5 tấn/giờ. Mỗi máy nặng 8 tấn kể cả động cơ điện 160 kW, giá máy 150 000 USD. Kể cả các thiết bị phụ trợ, nhà máy tiêu thụ *510 kWh/giờ, và sản xuất 60 tấn viên trấu trong ngày làm việc 20 giờ* (Hình 9.31). Ẩm độ đầu vào của trấu phải nhỏ hơn 12%. Chi phí sản xuất viên trấu bao gồm chi phí thay thế khuôn ép viên, nhập khẩu với giá 2200 USD, ép được khoảng 1000 tấn. Tổng đầu tư 450 000 USD, cao hơn 7 lần so với đầu tư ép thanh củi trấu với cùng năng suất; lý do là phải nhập thiết bị viên trấu.

(a) **(b)** **(c)**

Hình 9.31. (a) Thiết bị sản xuất viên trấu; (b) Viên trấu; (c) Khuôn ép viên trấu

Trấu viên, cũng như củi trấu, được cung cấp chủ yếu cho các lò hơi công nghiệp, và một phần cho xuất khẩu. Nhiệt cho lò hơi là thành phần cơ hữu của công nghiệp, nên cần phát biểu lại: ***trấu không còn là phế liệu của sản xuất lúa ở Đồng bằng Sông Cửu Long***. Giá trấu 900 đ/kg năm 2015, bằng khoảng 15% so với giá lúa (và gấp 10 lần so với 10 năm trước đây) là con số minh chứng. *Nếu có những Dự án lập năm 2013 với phần mở đầu "4 triệu tấn trấu dư thừa, phải tốn chi phí chở đổ bỏ đi", thì cần được xem xét lại.*

9.3.10 Than trấu

Có thể hầm trấu thành than và ép thanh củi than trấu. Nhưng không có lợi, như phân tích ở Bảng 9.11.

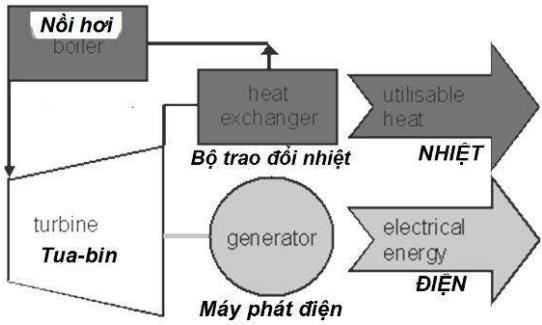
Tỷ số $C_{burntFixed}$ /Ash hay $C_{(đốt)CốĐịnh}$ /Tro = 0,5 nghĩa là khi sản xuất than trấu, thu được 0,5 kg C cố định "than", đồng thời thu được 1 kg tro. Nghĩa là làm than trấu để chở về nơi tiêu thụ một lượng tro gấp đôi lượng carbon sinh nhiệt. Nói cách khác, nhiệt lượng phát ra khá nhỏ so với khối lượng thanh than trấu. Ngoài ra phải tốn chất kết dính các hạt than trấu. Tóm lại, ***không nên*** dùng than trấu, lãng phí và tốn kém !

Bảng 9.11. Phân tích thành phần của trấu và than

	Σ C Tổng carbon	C_{Fixed} $C_{CốĐịnh}$	⇒ $C_{volatile}$ $C_{"Bốc"}$	C còn trong tro sau đốt	Đã đốt $C_{burntFixed}$ $C_{(đốt)CốĐịnh}$	Ash Tro	**Tỷ số:** $\frac{C_{burntFixed}}{Ash}$
Trấu	40	14	26	4	**10**	**18– 23**	0,44– 0,55 / 1
Than củi	50	13 – 21	29 – 37	-	50	0,1– 2	25– 500 / 1
Than đá	72	67	5	ε	67	0,2– 2	33– 330 / 1

9.3.11 Sinh khối để đồng phát nhiệt điện (Cogen)

Kỹ thuật đồng phát nhiệt điện (***Cogen*** viết tắt Cogeneration; hoặc ***CHP*** viết tắt ***C***ombined ***H***eat and ***P***ower) đã được áp dụng đã từ lâu với khí đốt dầu khí (Hình 9.32).

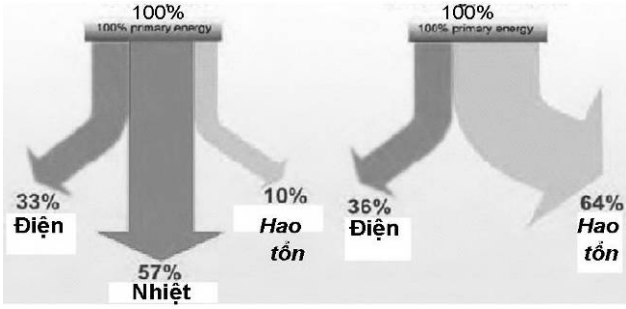


Hình 9.32. Sơ đồ COGEN

Điện: phát từ tua-bin hơi nước nung nóng bằng nhiên liệu khí đốt hoặc sinh khối.

Nhiệt: thay vì bỏ nhiệt thải, tận dụng để sưởi , sấy, hoặc nung nóng nước.

Như vậy, hiệu suất chung do điện+ nhiệt nên cao hơn chỉ dùng một mảng (Hình 9.33).



Hình 9.33. So sánh hai phương pháp: đồng phát điện-nhiệt, và chỉ phát điện

Ví dụ về *Cogen* đốt trấu tầng sôi ở Long An: Hệ thống gồm: Lò đốt trấu 90 kg/h, nồi hơi, turbin hơi nước, máy phát điện 50 kW; một máy sấy tầng sôi và hai máy sấy tháp. Do chỉ dùng máy sấy một vài tháng trong năm, nên mô hình chưa thuyết phục lắm về ưu thế tận dụng năng lượng nhiệt.

Các ứng dụng *Cogen* thành công hơn với bã mía phát điện (Mục 9.3.13.2) khi nhu cầu sử dụng nhiệt cũng liên tục như nhu cầu phát điện.

9.3.12 Sử dụng năng lượng sinh khối thể rắn trên thế giới

Sinh khối thể rắn là một trong những nguồn năng lượng tái tạo để thay thế năng lượng hóa thạch ở các nước phát triển, và nguồn năng lượng sơ cấp cho khoảng 2,5 tỷ người của các nước đang phát triển. Hiện trạng và khuynh hướng sử dụng trong tương lai sẽ khác nhau với hai thế giới khác nhau về mức độ phát triển. Con số trung bình chung, năng lượng sinh khối

chiếm 14% tổng năng lượng sử dụng trên thế giới, không nói lên được sự phân tán giữa hai thế giới này.

9.3.12.1 Ở các nước phát triển

Sinh khối dạng nhiên liệu rắn ở các nước phát triển trước đây 20 năm chỉ chiếm khoảng 5% năng lượng sơ cấp, nhưng bước vào thế kỷ 21 đã phát triển nhanh, đến 2005 tăng lên được 10% năng lượng sơ cấp. Hầu như chỉ đốt sinh khối thể rắn cho 2 việc:

a) Phát điện: So với các nước nghèo, sản lượng điện phát ra khá lớn, ví dụ Mỹ năm 1999 phát được 6,3 TWh; Đức năm 2012 phát được 9 TWh, với tổng công suất 1560 MW từ 540 nhà máy, cỡ từ dưới 0,15 MW đến hơn 5 MW (FNR 2014). Tuy vậy, xét trong nội bộ các nước G7, tỷ lệ điện từ sinh khối vẫn còn khiêm tốn, chỉ khoảng 2% tổng sản lượng điện. Ngược lại, một số nước Bắc Âu tỷ lệ sản xuất điện từ sinh khối khá cao, ví dụ Phần Lan đến 15%.

b) Phát nhiệt bằng viên gỗ (*biomass pellets***)**. Viên gỗ được ép từ gỗ củi vụn nghiền nhỏ, hoặc từ mạt cưa (nguồn chính), viên có đường kính 5- 8 mm, dài 5- 40 mm. So với gỗ củi vụn nguyên trạng, viên gỗ ít choán chỗ tồn trữ hơn, và sinh nhiệt lượng cao trên một đơn vị thể tích, quá trình đốt cũng dễ dàng và đồng đều hơn. Các nước xứ lạnh cần sưởi ấm mùa đông, nhiệt do đốt viên gỗ sẽ rẻ hơn nhiều so với nhiên liệu hóa thạch. Ở Đức năm 2012 đã có hơn 10 triệu hộ dùng viên gỗ sưởi ấm, và 200 000 nồi hơi đốt củi hoặc viên gỗ cung cấp nhiệt sưởi chung cho các hộ (tăng gấp 7 lần so với năm 2004), với công suất nhiệt 0,1- 20 MW, tổng tiêu thụ 1,7 triệu tấn viên gỗ (Thema và ctv 2014); và khuynh hướng này ngày càng tăng, để thay thế sưởi bằng dầu khí và than đá. Kỹ thuật liên quan đến kinh tế; thử so sánh giá (/1 tấn) dầu đốt 1340 USD [#9.3]; gỗ dăm vụn 120 USD; gỗ củi thanh 290 USD; gỗ viên 340 USD, và hạt cốc ≈300 USD, để thấy rằng ở các nước phát triển, năng lượng cũng giá trị không kém lương thực.

9.3.12.2 Ở các nước đang phát triển

Ngược lại, ở các nước đang phát triển (dù với các con số thống kê ít chính xác hơn), năng lượng sinh khối chiếm tỷ lệ cao (40- 80%) trong cơ cấu năng

[#9.3] Tỷ giá qui đổi (chỉ để dễ hình dung): 1 Euro = 1,3 USD (năm 2013).

lượng sử dụng, chủ yếu để đun nấu; nước càng nghèo tỷ lệ này càng cao; và ước lượng 10-15 năm tới cũng sẽ không giảm cho tổng số hơn 2 tỷ người (Karekezi et.al 2004). Rừng ngày càng bị chặt phá cho việc đun nấu này.

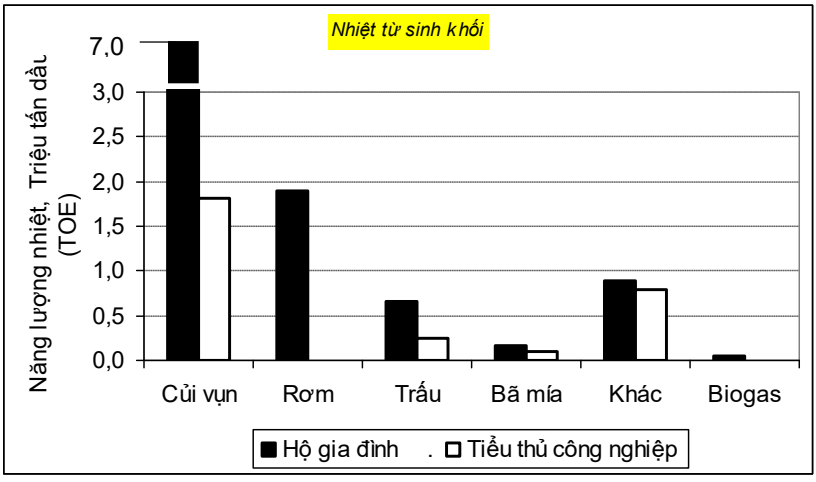
Vì vậy, ưu tiên nhất ở các nước đang phát triển là cải thiện hiệu suất bếp đun. Giả sử hiện nay mỗi người dùng 0,5 kg gỗ củi để đun nấu, với hiệu suất nhiệt 6- 10%. Chỉ cần tăng gấp rưỡi hiệu suất này là giảm được hàng trăm triệu tấn gỗ củi mỗi năm, tương đương với diện tích rừng hàng triệu hecta khỏi bị phá.

Dĩ nhiên ở các nước đang phát triển cũng cần phát triển sử dụng sinh khối để phát điện qui mô công nghiệp như các nước phát triển. Tuy tỷ lệ so với tổng sản lượng điện còn rất nhỏ --trung bình 0,3%; khoảng biến thiên 0,1- 1,7%-- nhưng đây là khuynh hướng cần khuyến khích, vì không những tiết kiệm năng lượng dầu mỏ, mà còn tạo công ăn việc làm: Để sản xuất 1 TWh điện mỗi năm, cần 250- 300 lao động nếu dùng dầu mỏ hoặc than đá, nếu dùng sinh khối cần 1000 lao động để khai thác và canh tác cây.

9.3.13 Sử dụng năng lượng sinh khối thể rắn ở Việt Nam

9.3.13.1 Sử dụng nhiệt từ sinh khối

Như nhiều nước đang phát triển khác, sinh khối vẫn là nguồn năng lượng sơ cấp quan trọng ở nông thôn Việt Nam, năm 2005 chiếm khoảng 50% tổng năng lượng tiêu thụ cả nước, có giảm so với khoảng 65% vào năm 1995, và ước lượng năm 2008 giảm còn khoảng 40% do mức sống cao hơn, nhiều người chuyển qua nấu bằng ga hoặc điện (Viện Năng lượng 2008).



Hình 9.34. Sử dụng nhiệt từ sinh khối ở Việt Nam (2005)

Lượng nhiệt sử dụng từ sinh khối tương đương 14 triệu tấn dầu TOE, trong đó 80% cho đun nấu, và 20% cho chế biến tiểu thủ công nghiệp (Hình 9.34).

Các nguồn năng lượng sinh khối năm 2005 ước lượng gồm: 27 triệu tấn gỗ củi vụn và phế liệu chế biến gỗ, 56 triệu tấn dư thừa cây trồng như rơm rạ, trấu, bã mía…; 55 triệu tấn chất thải động vật; và 7 triệu tấn rác đô thị.

Từ 2009, như đã trình bày (Mục 9.3.9) trấu đã được chế biến thành củi trấu và viên trấu cho các lò hơi công nghiệp. Hướng sử dụng này cần được phát triển với các loại sinh khối khác, nhất là dư thừa từ cây trồng, như mạt cưa, dăm bào…

9.3.13.2 Sử dụng sinh khối để phát điện

Đến năm 2005 ở nước ta, sinh khối để phát điện chủ yếu từ bã mía (Hình 9.35), với tổng công suất 150 MW của 3 nhà máy đường (trong tổng số 40 nhà máy đường, với 4,5 triệu tấn bã mía, mà 80% để sinh nhiệt).

Hình 9.35. Nhà máy đồng phát nhiệt-điện (Bourbon)-Thành Thành Công, Tây Ninh đốt bã mía (hoạt động từ 1998) :

Lò hơi 235 tấn hơi /h @45 bar
Turbin (2) x 12 = 24 MW
Năm 2013:

- Sản xuất ≈ 0,7 triệu tấn hơi, dùng 1/3 cho ra ≈ 70 GWh điện
- ≈ 60% điện bán cho EVN
- Ép ≈ 1 triệu tấn mía cây

(Nguồn: Phạm V.Dũng 2014)

Ở TP Hồ Chí Minh, một nhà máy phát điện từ rác với công suất 2 MW đã vận hành từ 2006.

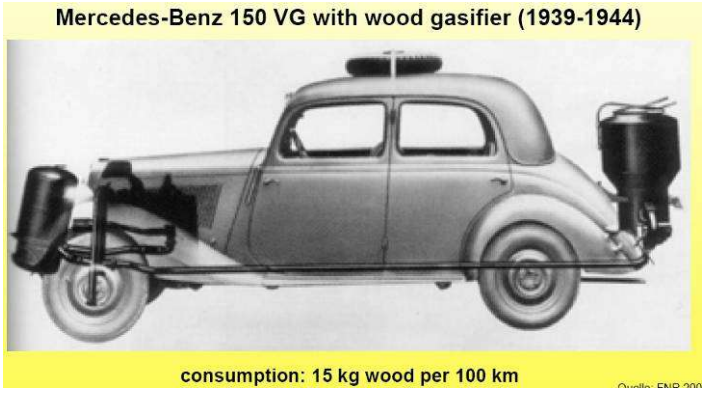
Năm 2009, một nhà máy điện trấu được khởi công ở Tỉnh Cần Thơ, dự kiến vận hành cuối năm 2010 với công suất 2 MW; tuy nhiên tới 2014 chỉ mới cung cấp nhiệt. Dự kiến mở rộng nhà máy này, cùng với các nhà máy khác dự kiến xây dựng ở Tiền Giang và Đồng Tháp, sẽ nâng tổng công suất phát điện lên 40 MW vào năm 2015, nhưng tới nay vẫn chưa thực hiện được.

Như vậy, so với nguồn năng lượng tái tạo khác là thủy điện với hàng ngàn MW được lắp đặt, đóng góp của năng lượng sinh khối còn rất khiêm tốn. Nguyên nhân gồm cả kỹ thuật và kinh tế. Về *kỹ thuật*, hiệu suất chưa cao khi chuyển sinh khối ra điện, cần nhiều nghiên cứu chuyên biệt hơn; và nguồn cung cấp sinh khối thay đổi theo mùa. Về *kinh tế*, đầu tư cho mỗi MW khoảng 1,5- 2,5 triệu USD, tức là cao gấp rưỡi gấp đôi đầu tư thủy điện. Do hiệu suất chuyển đổi thấp và chi phí chuyên chở cao, chi phí sản xuất mỗi kWh điện tối thiểu 0,06 USD, so với thủy điện chỉ 0,04 USD. Chưa có mô hình thuyết phục, nên chính sách cũng thiếu chỗ dựa để có thể quyết đoán hơn.

9.4 SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG SINH KHỐI THỂ KHÍ

Năng lượng sinh khối thể rắn hoặc lỏng được chuyển đổi thành nhiên liệu khí bằng hai quá trình. Quá trình kỵ khí (không có oxygen) hình thành biogas được trình bày ở chương sau. Quá trình hóa khí (còn gọi là: hóa ga, *gasification*) chuyển đổi bằng quá trình nhiệt và có oxygen, áp dụng với cả than đá hoặc sinh khối, được trình bày sau đây.

9.4.1 Tình hình sử dụng hóa khí sinh khối trên thế giới



Hình 9.36. Xe chạy ga than củi

Khoảng 40 năm đầu tiên từ 1900, khí ga đã được sử dụng cho động cơ ở châu Âu nhưng chưa phổ biến lắm. Tuy nhiên, Thế chiến lần II 1939- 1945 đã làm bùng phát việc ứng dụng khí ga cho phương tiện vận tải (Hình 9.36). Khi Đan Mạch bị Đức chiếm đóng, 90% các động cơ xe hơi, máy kéo, ghe tàu đều chạy bằng than hoặc củi. Thụy Điển cũng vậy, chuyển đổi chỉ trong vòng 4 năm, đến 1942 đã có 70 000 xe và 20 000 máy kéo dùng khí sinh khối. Từ châu Âu, đã lan qua châu Úc và châu Á, với hàng triệu xe than trong thời kỳ này (Kaupp 1984).

Thế nhưng khi Thế chiến thứ II kết thúc, không lo bị cắt đường dầu mỏ rẻ tiền, và do các nhược điểm của ga than/ củi như hiệu suất thấp, cồng kềnh, sử dụng bất tiện, có thể sinh khí độc… người ta lại bỏ rơi xe động cơ ga, không nghiên cứu cải tiến gì thêm trong 30 năm sau đó. Mãi đến thập niên 1970, với việc khủng hoảng giá dầu mỏ tăng gấp 5 - 10 lần, người ta mới quan tâm lại đến năng lượng tái tạo, trong đó có ga củi. Các nghiên cứu sâu hơn cho các hệ thống tĩnh tại lớn, chứ xe hơi vẫn không trở lại chạy ga.

Kaupp (1984) đã sưu tập các tài liệu: Thời gian 1930– 1950 có tất cả 1200 bài báo về hóa khí (có năm vài trăm bài). Nhưng 1950– 1970 mỗi năm chưa tới 10 bài báo. Từ 1970 hóa khí được quan tâm trở lại do khủng hoảng dầu hỏa. Đến 1988 dầu hỏa khôi phục, bài báo về hóa khí lại thưa thớt.

Hiện tại ở các nước đang phát triển có lẽ chỉ còn Myanmar sử dụng nhiều động cơ hóa ga từ trấu để chạy nhà máy xay xát. Campuchia gần đây cũng theo xu hướng này.

9.4.2 Tình hình sử dụng hóa khí ở Việt Nam

Ảnh hưởng bởi Thế chiến II, động cơ xe than được du nhập vào Việt Nam và đã thành kỹ thuật địa phương trong thời kỳ này. Rồi sau Thế chiến cũng trở lại xe xăng hoặc dầu. Cá biệt trong thời gian 1975– 1985, do kinh tế khó khăn và gặp lúc dầu mỏ tăng giá, một số xe than lại xuất hiện trên đường, rồi lại biến mất khoảng 1990.

Với động cơ tĩnh tại, khi nguồn điện còn thiếu nhiều, nhất là ở các tỉnh xa như Cà Mau, Kiên Giang, các nhà máy xay xát lúa gạo, nhà máy nước đá … đã hóa ga từ trấu để chạy các động cơ hơn 100 HP (Hình 9.37). Tuy nhiên, do cồng kềnh và gây ô nhiễm môi trường với tro bụi và nước thải, trong lúc nguồn thủy điện dồi dào hơn nên các nhà máy này cũng lần lượt bị đóng cửa.

Hình 9.37. Hệ thống ga trấu cho nhà máy nước đá tại Cà Mau năm 1996.; có lẽ là nhà máy chạy ga trấu cuối cùng ở vùng này

Từ 1990, một số cơ quan cũng có nghiên cứu về ga trấu, cũng khá lẻ tẻ, chưa ứng dụng trụ được trong sản xuất.

Năm 2015 Đồng bằng Sông Cửu Long sản xuất khoảng 20 triệu tấn lúa, nghĩa là mỗi năm cho ra 4 triệu tấn trấu. Nếu nhà máy xay xát bán 1 kg trấu với giá 800 đ/kg cho sản xuất củi/viên trấu, trong lúc 1 kWh điện cần khoảng 2 kg trấu, thì sản xuất điện bằng kỹ thuật hóa khí trấu (hay phương pháp nào khác) gặp vấn đề hiệu quả kinh tế khá nan giải.

9.4.3 Quá trình hóa khí

Các phản ứng xảy ra trong quá trình hóa khí có thể tóm tắt bằng các phương trình sau (Gumz 1950; Kaupp & Goss 1984) trong các vùng phản ứng sau:

Vùng Sấy (*Drying zone*)

H_2O (l) = H_2O (g)

Vùng Nhiệt phân:(*Pyrolysis zone*)

$C_1H_XO_Y$ = ga dễ bốc hơi + nhựa

Vùng Khử (*Reuction zone*)

$C + 2\,H_2 = CH_4$ – 75 **kJ /mol**

$C + CO_2 = 2\,CO$ + 173 kJ/mol

(Phản ứng Boudouard)

$C + H_2O = CO + H_2$ + 131 kJ/mol

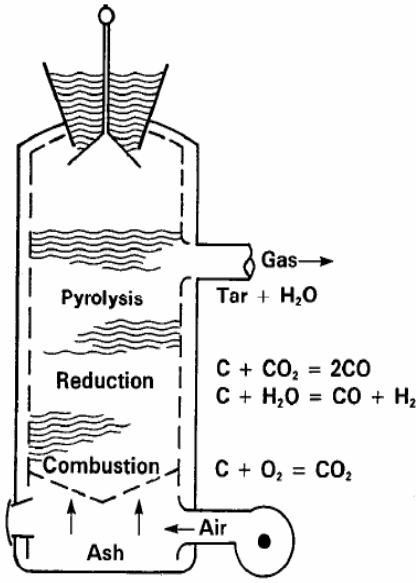
(Phản ứng chyển nước, water-shift)

$CO_2 + H_2 = CO + H_2O$ + 41 kJ/mol

Vùng Cháy (*Combustion zone*)

$C + O_2 = CO_2$ – 394 **kJ /mol**

(dấu – nghĩa là phát ra nhiệt)



Hình 9.38. Quá trình hóa ga (thuận chiều)

Quá trình hoá khí hỗn hợp từ nguyên liệu sinh khối được minh họa ở Hình 9.38, kiểu hóa ga thuận chiều giữa khí ga và không khí. Nguyên liệu chứa trong ống trụ được nạp vào lò từ miệng phía trên và được ghi lò giữ trong ống. Không khí thổi xuyên qua ghi lò từ dưới lên. Có thể phân các vùng kế tiếp của quá trình hóa ga như sau:

Vùng cháy (vùng oxit-hóa) là vùng không khí đầu tiên tiếp xúc với than, tiêu thụ oxy để sinh ra CO_2 và CO ; và sanh nhiệt (nhiệt độ cao nhất) cung cấp cho các vùng kế tiếp.

Tiếp theo là *vùng hóa khí (vùng khử)* là vùng sản sinh ra khí ga, nơi CO_2 và H_2O phản ứng với carbon tạo ra CO và H_2. Cần giữ nhiệt độ vùng khử cao

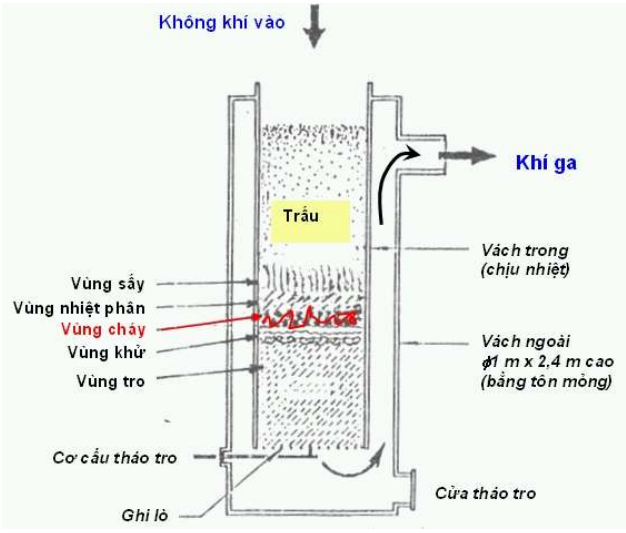
hơn 800 ^{o}C, bằng lớp cách nhiệt tốt, và có đủ nhiệt với lượng cháy thích hợp ở vùng cháy oxit-hóa.

Khí ga tiếp tục đi lên *vùng nhiệt phân* và hâm nóng nguyên liệu mới cung cấp từ trên xuống. Nhiệt độ trong vùng này dưới 500 ^{o}C, nên ở đây không còn phản ứng hóa khí, khối rắn đi xuống các vùng bên dưới gồm có carbon cố định và tro. Ngoài khí CO, CO_2, H_2, H_2O, còn các khí trung gian như hydrocarbon, cồn, axít, dầu, nhựa.

Khí ga tiếp tục đi lên *vùng sấy* nơi tiếp xúc trực tiếp với nguyên liệu còn ẩm và làm khô nguyên liệu. Nhiệt độ vùng sấy giảm thấp dưới 150 ^{o}C, vì sự trao đổi nhiệt giữa khí ga và nguyên liệu ẩm.

9.4.4 Phân loại thiết bị hóa khí

Tùy theo bố trí dòng chảy giữa không khí vào và ga khí ra, người ta phân biệt: hóa khí thuận chiều (*Updraft gasifier*, Hình 9.38), nghịch chiều (*Downdraft*), chiều chéo (*Cross-draft*); mỗi loại đều có những ưu nhược điểm riêng. Hình 9.39 là sơ đồ loại hóa khí nghịch chiều loại kiểu mở nắp (*Open-core downdraft gasifier*). Bộ phận hóa khí kết cấu đơn giản, không có cổ thắt để chất đốt dễ chảy không bị đóng bánh (*caking*), nên thích hợp với nhiều loại như trấu, bã mía. Tuy nhiên, yêu cầu là ẩm độ phải thấp, thường không quá 30%.



Hình 9.39. Hóa ga nghịch chiều loại mở nắp

9.4.5 Các thông số thiết kế hệ thống hóa khí

Tùy yêu cầu sử dụng ga hóa khí để sinh nhiệt hay cho động cơ, hệ thống hóa khí phải đáp ứng các thông số nhất định; vài thông số chính được trình bày dưới đây.

Tốc độ hóa khí riêng

Tốc độ hóa khí riêng (*specific gasification rate SGR*) là lượng sinh khối được hóa ga trong 1 giờ, trên 1 m^2 tiết diện ngang của lò [kg $h^{-1}.m^{-2}$]. Đây là chỉ tiêu để xác định kích thước của lò phản ứng, tùy theo loại chất đốt. Ví dụ dùng lò kiểu thuận chiều và nghịch chiều, với củi vụn tốc độ hóa khí riêng khá cao, trong khoảng 500- 1000 kg $h^{-1}.m^{-2}$. Nếu ít quá sẽ không đủ nhiệt độ cháy nên tạo nhiều nhựa (tar), Ngược lại, nếu nhiều quá sẽ tạo lỗ rỗng (tùy vật liệu) carbon cháy không hết. Nhưng với trấu SGR chỉ khoảng 100- 200 kg $h^{-1}.m^{-2}$; vì nhiều hơn sẽ tạo rỗng trong khối chất đốt và phá vỡ quá trình hóa khí (Kaupp 1984).

Tỷ số tương đương *ER*

Tỷ số tương đương *ER* (*equivalence ratio*) là tỷ số giữa lưu lượng không khí dùng cho hóa khí so với lưu lượng không khí ở điều kiện cháy lý thuyết. Với củi và trấu, *ER* từ 0,25 đến 0,35. *ER* còn tùy thuộc ẩm độ, ẩm độ càng cao, dùng *ER* lớn để đốt tạo nhiệt làm khô nhiên liệu, nhưng thành phần CO và H_2 trong khí ga sẽ giảm theo.

Thành phần của khí ga và nhiệt trị

Thành phần khí ga tiêu biểu của lò kiểu ga đi xuống, sử dụng dụng gỗ ẩm độ 10– 20 % gồm: 12- 20% H_2, 15- 22% CO, 1- 3% CH_4, 8- 15% CO_2, 45- 55% N_2, 1- 3% O_2. Qua đo đạc thực nghiệm, ga trấu chứa khoảng 17% CO và 13% H_2.

Nhiệt trị cao của ga là một hàm số của tỷ số tương đương *ER*, nhiệt độ lò hóa ga và thành phần ga. Nhiệt trị cao của khí ga từ sinh khối nằm trong khoảng 4- 6 MJ /m^3, chỉ bằng khoảng 10- 15 % so với khí đốt thiên nhiên.

Hiệu suất khí nguội

Hiệu suất khí nguội (*cold gas efficiency*) tính với ga được làm nguội ở điều kiện chuẩn (25 ^oC, 1 atm), là tỷ số giữa nhiệt lượng chứa trong các thành phần ga (CO, H_2 , CH_4) và nhiệt lượng trong chất đốt trước khi hóa khí.

Hiệu suất khí nguội với gỗ đạt khoảng 70%, với trấu đạt 40 – 60 %.

9.4.6 Áp dụng nhiệt: Lò đốt ga (gasifier-combustor)

Nhiên liệu qua hai giai đoạn phản ứng tạo ga và đốt ga.

Hiệu suất đốt ga không cao hơn đốt trực tiếp, nhưng ngọn lửa "sạch" hơn (Hình 9.40), điều chỉnh tốc độ cháy dễ dàng hơn bằng không khí sơ cấp. Ngoài ra, bộ phận đốt có thể bố trí xa thiết bị làm việc (ví dụ máy sấy thực phẩm) nên vệ sinh công nghiệp tốt hơn.

Hình 9.40. Ngọn lửa xanh từ lò đốt ga trấu có kết cấu tương tự như Hình 9.39. (Trần V. Tuấn 2009)

9.4.7 Áp dụng cơ điện: Động cơ ga sinh khối

Ga hóa khí được sử dụng thay xăng hoặc dầu diesel chạy động cơ nổ. Công suất động cơ chạy khí ga thấp hơn động cơ xăng hay diesel cùng cỡ, do nhiệt trị của ga thấp hơn. Ga với thành phần 27% CO, 14% H_2 có nhiệt trị chỉ 2,5 MJ/m^3, thấp hơn so với xăng là 3,5 MJ/m^3, và diesel là 3,3 MJ/m^3.

Hiệu suất chung (bao gồm cả hiệu suất khí nguội, hiệu suất thể tích piston, hiệu suất nhiệt, và hiệu suất cơ trục khuỷu) của động cơ ở Thụy Điển trước đây ≈15% khi sử dụng dụng động cơ xăng, và 25% khi sử dụng động cơ diesel. Hiệu suất chung với trấu khoảng 9%, ứng với mức tiêu hao 3 kg trấu để sản xuất 1 kWh điện. Các cải tiến gần đây ở Trung Quốc đạt 2 kg /kWh.

Với ***động cơ xăng***, thường chọn giải pháp không đổi kết cấu. Vấn đề chính là hòa trộn lượng không khí và ga, phụ thuộc chất lượng ga. Do CO và H_2 có chỉ số octan thấp hơn nên cần đánh lửa sớm hơn 5– 15° so với dùng xăng hoàn toàn. Chuyển từ xăng sang ga làm giảm công suất 40– 50%. Kinh nghiệm Âu châu, chỉ giới hạn sử dụng động cơ xăng với than đá, củi, và than củi; không thấy dùng với các phế liệu nông nghiệp khác.

Với ***động cơ diesel***, không thể thay thế hoàn toàn diesel bằng ga do ga không tự cháy ở cuối thì nén, với tỷ số nén nhỏ hơn 17. Thực tế có thể thay thế được 70- 85 % diesel.

Vấn đề làm sạch ga cho động cơ khá khắt khe, khác với ứng dụng đốt ga cháy sinh nhiệt. Khí ga phải tương đối sạch để bảo vệ động cơ và bảo vệ môi trường. Ga từ lò phản ứng (reactor) còn chứa nhiều bụi tro (ảnh hưởng pit-ton, xy-lanh), nhựa dầu (*tar*, ảnh hưởng su-pap), acid v.v. Yêu cầu của ga trước khi vào động cơ (Kaupp & Goss 1984) như sau:

- Bụi tro < 5- 50 mg/m^3 ga (tiêu chuẩn bụi thành phố < 2 mg/ m^3). Ví dụ từ lò hóa khí trấu của TrungQuốc trước đây, ga chứa 2- 3 g tro/ m^3, cần loại bỏ hơn 99% lượng tro để còn 15 mg tro/m^3 ga.
- Nhựa dầu: cần giảm còn dưới 500 mg/m^3 ga.
- Các acids: cần giảm còn dưới 50 mg/m^3 ga.

Các loại bộ phận làm sạch của hệ thống hóa khí bao gồm:

a) Xy-clon (*cyclone*): Là bộ phận làm sạch đầu tiên, đặt ngay ống ra của lò, để loại bỏ tro.

b) Bộ lọc ướt (*scrubber*): Thường dùng nước để "rửa" ga, loại bỏ nhựa dầu, và làm nguội ga. Đây là phương pháp hữu hiệu nhất làm sạch ga. Vấn đề là tốn nước, và nước thải ra gây ô nhiễm môi trường, dù đã tác động lọc nước thải này, ví dụ cho chảy qua bể tro. Hiện tại, đây là chỉ tiêu cạnh tranh giữa các nhà cung cấp thiết bị. Mức độ tiêu tốn nước được xếp là *Cao* nếu hơn 10 Lít/kWh điện phát ra; *Trung bình* 4– 7 L/kWh; *Thấp* 0,5- 2 L/kWh.

c) Bộ lọc khô thô (*dry filter*): Cũng để giảm tro bụi và một phần nhựa dầu. Ga được thổi qua các thùng chứa mạt cưa hoặc trấu (Hình 9.41b). Các thiết bị hóa khí cố định có ưu thế hơn, vì chấp nhận được nhiều bộ phận cồng kềnh này.

d) Bộ lọc khô tinh (*fabric filter*): Đây là bộ lọc cuối cùng, trước khi vào động cơ, để hút ẩm và lọc tro còn sót. Làm bằng vải hoặc nỉ thủy tinh. Thiết kế sao cho tốc độ dòng khí không quá cao làm cuốn tro theo.

9.4.8 Vấn đề an toàn với thiết bị hóa khí

Chất đốt chính của thiết bị hóa khí là *carbon monoxyde* (CO), là khí độc chết người, lại <u>không</u> màu <u>không</u> mùi <u>không</u> vị để phát hiện.

Tuy nhiên, cũng đừng hoảng sợ quá! Tương tự như điện gây chết người trong tích tắc, nhưng nếu biết cách thì vẫn "sống chung" hàng ngày, với "bí quyết" là đừng để dòng điện qua người và xuống đất. Với khí ga, "bí quyết" là phải ***rất thoáng đãng***, tràn đầy không khí trời. Thực tế tại sát lò bếp đốt, CO đã là 0,2%, tại ống xả xe xăng đã là 3% , với xe cũ có thể đến 7- 10%. Nhờ hòa trộn với khí trời mà CO chưa gây ngộ độc (khi bị kẹt xe, ùn tắc giao thông, ta cảm thấy choáng vì cùng lý do, CO chưa đủ loãng).

(a)

(b)

(c)

Photo: P.H.Hiền

Hình 9.41. Thiết bị hóa khí cho máy phát điện
vận hành nhà máy xay xát 1,5 tấn/giờ ở Campuchia.
(a) Lò hóa khí; (b) Các bộ lọc khô; (c) Bể nước thải từ bộ lọc ướt

9.4.9 Tóm tắt về hóa khí

Tài liệu của Kaupp (1984) nhà nghiên cứu nổi tiếng về hóa khí, viết cách đây hơn 30 năm, vẫn giữ nguyên tính thời sự: Thiết kế về hóa khí vẫn còn là một "nghệ thuật" hơn là kỹ thuật chuẩn hóa; thăm dò ở 50 nước, chưa có nhà sản xuất nào tin cậy, theo nghĩa có sẵn hàng trong kho, chế độ hậu mãi chi tiết như một mặt hàng công nghiệp.

Hiện tại, nên "khoanh vùng" hóa khí với các chất đốt phế phẩm nông nghiệp; không chấp nhận sử dụng than hoặc củi, đồng nghĩa với phá rừng.

Như thế, không trở lại với các xe than như ở Bắc Âu hơn 50 trước. Nên tập trung nghiên cứu hóa khí cho các động cơ tĩnh tại, dùng phế liệu nông nghiệp. Và như thế, coi như làm lại từ đầu, các kinh nghiệm Bắc Âu chỉ là tham khảo, Cần đầu tư nghiên cứu cơ bản với khá đủ dụng cụ đo đạc, để có các thông số cơ bản, chứ chế tạo thì không khó.

9.5 SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG SINH KHỐI THỂ LỎNG

Giao thông vận tải tiêu thụ nhiều xăng dầu nhất, xấp xỉ công nghiệp hoặc hơn. Năng lượng gốc dầu mỏ ngày càng cạn kiệt, nên nhiên liệu gốc sinh khối (còn gọi là nhiên liệu sinh học, *biofuel*) là lựa chọn ưu tiên, để có nguồn năng lượng thay thế cũng "đậm đặc" như xăng dầu, tiện di chuyển theo xe. Có 3 dạng nhiên liệu sinh học: •cồn ethanol từ cây trồng •diesel sinh học từ cây có dầu •nhiên liệu sinh học từ gỗ củi. Phần chính vẫn là ethanol, năm 2005 chiếm khoảng 90% tổng nhiên liệu sinh học. Bảng 9.12 liệt kê 5 nước hàng đầu sản xuất ethanol và biodiesel.

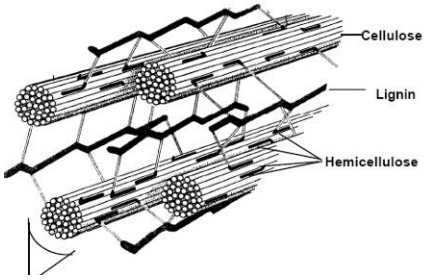
Bảng 9.12. Các nước hàng đầu sản xuất ethanol và biodiesel

	Ethanol			Biodiesel	
	Triệu lít	*%*		Triệu lít	*%*
Brazil	16500	*45*	Đức	1920	*55*
Mỹ	16230	*44*	Pháp	511	*15*
Trung Quốc	2000	*5*	Mỹ	290	*8*
Âu châu EU	950	*3*	Italia	227	*6*
Ấn Độ	300	*1*	Áo	83	*2*
5 nước dẫn đầu	**35980**	***99***	**5 nước dẫn đầu**	**3031**	***87***
Thế giới	**36500**	***100***	**Thế giới**	**3500**	***100***

Nguồn: Worldwatch Institute. 2006

9.5.1 Ethanol

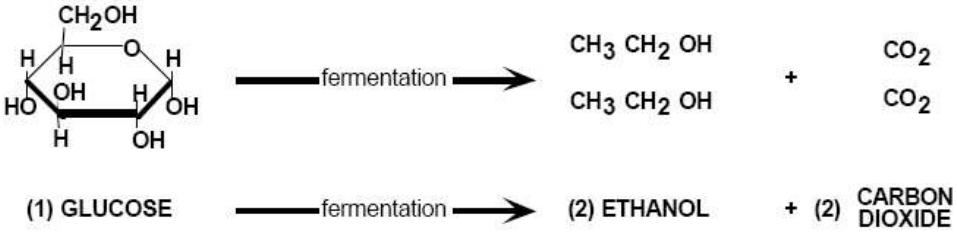
9.5.1.1 Phản ứng tạo ethanol



Hình 9.42. Các thành phần trong sinh khối

Trong sinh khối có 4 thành phần: đường, cellulose, hemicellose, và lignin (Hình 9.42). Tỷ lệ các thành phần này ở một số sinh khối được ghi ở Bảng 9.13.

Chỉ lignin không bị phân giải, còn đường, cellulose, và hemicellose (trong bã mía, tinh bột, rơm rạ, gỗ củi…) có thể thủy phân thành đường glucose hay fructose, các chất này sẽ lên men để tạo ra ethanol (cồn ethanol, gọi tắt: cồn), theo phản ứng sau:.



(1) $C_6H_{12}O_6$ --------lên men----------> (2) C_2H_5OH + (2) CO_2

180 kg (2) 46 kg + 88 kg

Như vậy, hiệu suất chuyển đổi tối đa bằng (2)*46 kg /180 kg = 51%. Ít nhất 49% carbon mất đi theo CO_2. Ethanol được tinh lọc, thêm chất phụ gia, và được gọi là "xăng sinh học".

Bảng 9.13. Thành phần các chất khô (% khối lượng)

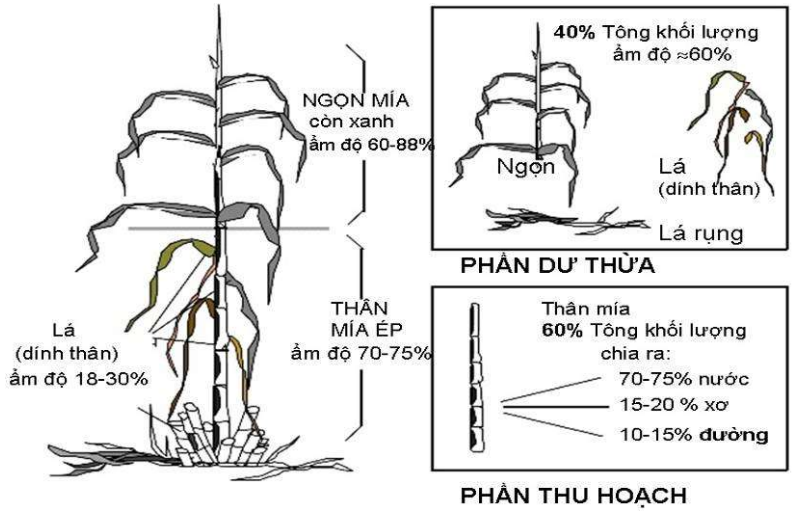
	Đường	Cellulose	Hemicellulose	Lignin	Khác
Mía cây	43	22	15	11	9
Bã mía	3	38	27	20	12
Lá mía	-	36	21	16	27
Bạch đàn *(Eucalyptus grandis)*	-	38	13	37	12

Nguồn: Shleser 1994.

9.5.1.2 Các nguồn nguyên liệu để sản xuất ethanol

Cây ***mía*** là cây chuyển đổi năng lượng hữu hiệu nhất. Sản phẩm chính của mía là đường, nhưng còn bã mía sau chế biến, và phế liệu ngoài đồng. Ở Hawaii, 1 ha cho năng suất 220 tấn mía cây, ép ra còn 70 tấn bã mía, ngoài đồng còn 35 tấn lá và ngọn mía (Hình 9.43).

Ở các vùng khác (FNR 2014) với năng suất thấp hơn, 1 ha có thể cho 73 tấn mía, và sản xuất được 5 tấn ethanol (6 400 Lít) từ mía ép; cần 11,4 kg mía cây để sản xuất 1 Lít ethanol. Gần đây, công nghệ "thế hệ thứ hai" sản xuất được ethanol từ bã mía: Từ 1 ha với 25 tấn bã mía sản xuất được 7 000 Lít ethanol.



Hình 9.43. Các thành phần của cây mía (tham khảo: Shleser 1994)

Cây ***bắp*** là nguyên liệu chính sản xuất ethanol ở Mỹ, sản lượng năm 2005 là 10,6 tỷ lít. Từ 1 ha năng suất 9 tấn bắp hạt, sản xuất được 3 740 Lít ethanol, tức 2,4 kg hạt /1 Lít ethanol. Dù sản lượng vẫn tăng, nhưng cũng có nhiều kết quả nghiên cứu trái chiều về cân bằng năng lượng, thể hiện qua chỉ tiêu *Hiệu số năng lượng* (*NEV*, *net energy value*) $E_{out} - E_{in}$, với E_{out} là số MJ chứa trong 1 lít ethanol, và E_{in} là số MJ năng lượng hóa thạch dùng để sản xuất lít ethnol này. Hoặc đánh giá bằng *Tỷ số năng lượng* = $E_{out} / E_{in.}$. Shapouri và ctv (2003) ở Bộ Nông nghiệp Mỹ tóm tắt 10 nghiên cứu này ở Mỹ từ 1991 đến 2002, với 4 kết quả *NEV* từ -1,1 đến -9,4 MJ/lít (âm); và 6 *NEV* từ +5,1 đến +8,5 MJ/Lít (dương). Sở dĩ khác biệt vì các số liệu về năng suất, phân bón, năng lượng sản xuất ethanol… từ các nguồn hoặc mặt bằng khác nhau. Qua đó cho thấy sự phức tạp của vấn đề. Tuy nhiên, sản lượng ethanol vẫn tăng đều là chỉ dấu "lợi nhiều hơn hại" ít ra cũng với điều kiện sản xuất của Mỹ.

Cây ***khoai mì (sắn)*** ở Trung Quốc, Việt Nam, Thái Lan hiện là cây chủ lực để sản xuất ethanol của châu Á. Cứ 6 kg khoai mì tươi chế biến ra được 1 lít ethanol; vậy một hecta khoai mì có thể cho được hơn 4 000 lít ethanol, tương đương với lượng ethanol cồn chế biến từ 1 ha bắp.

Sản lượng khoai mì ở Việt Nam năm 2009- 2013 khoảng 9,5- 9,8 triệu tấn, tăng gần 5 lần so với năm 2000 chỉ 2,0 triệu tấn. Những năm gần đây, khoảng 50- 90% lượng này được xuất qua Trung Quốc, cũng là nước đang phát triển mạnh về nhiên liệu sinh học.

Từ 2008 đã có 6 nhà máy sản xuất ethanol từ khoai mì đã hoặc đang được xây dựng ở Phú Thọ, Quảng Nam, Quảng Ngãi, Bình Phước, Đồng Nai, và Đắk Nông, với tổng sản lượng hàng năm 550 triệu lít (0,55 tỷ lít/năm). Ví dụ ở Quảng Ngãi đầu tư 85 triệu USD, hoàn thành đầu năm năm 2011, dự kiến sản lượng 100 triệu lít mỗi năm. Cần nghiên cứu tổng thể về cân bằng năng lượng, môi trường, kinh tế, các chọn lựa khác… về lĩnh vực khá mới này ở Việt Nam.

Các ***cây khác*** cũng được dùng sản xuất ethanol như lúa mì ở Tây Ban Nha mỗi năm khoảng 400 000 tấn; củ cải đường ở Pháp… Nói chung, lên men và chưng cất từ tinh bột (như Việt Nam nấu rượu để uống vậy). Tuy nhiên, các nguyên liệu này đắt tiền và cạnh tranh với nguồn thực phẩm.

9.5.1.3 Ethanol cho động cơ xăng (Xăng sinh học)

Xe chạy *hoàn toàn* bằng ethanol cần động cơ chuyên dùng, đánh lửa sớm hơn; tăng tỷ số nén (do ethanol có chỉ số octan cao hơn 100). Khuynh hướng này ngày càng giảm (ngay ở Brazil), do không đáp ứng yêu cầu xe hiện đại. Ngoài ra, tổn thất ethanol nguyên chất cũng là vấn đề, vì dễ bốc hơi, với nhiệt độ bốc hơi 80 ^{o}C.

Đa số xe ngày nay dùng ethanol trộn với xăng. Ngày xưa, người ta dùng cồn tinh (hơn 99°) trộn 20% với xăng, Ngày nay, nhờ chất tạo nhũ (*emulsifier*) có thể dùng cồn 95° để trộn, giảm được chi phí sản xuất. Thế giới hiện có hơn 10 nước có luật lệ về trộn cồn với xăng. Ví dụ Đức trộn 5% ethanol (gọi là xăng E5, thực sự các trạm xăng chỉ gọi đơn giản là xăng Super).

Brazil là nước sử dụng ethanol nhiều nhất cho vận tải. Hiện nay 45% sản lượng mía của nước này (tổng số 330 triệu tấn) để sản xuất ethanol. Khoảng 20% lượng xe chạy bằng ethanol, số còn là chạy xăng pha ethanol.

Việt Nam năm 2008 ở Hà Nội có thí điểm 2 trạm xăng pha 5% cồn ethanol, nhưng sau đó tạm ngưng. Từ 2010, ở Tp Hồ Chí Minh cũng có vài trạm bán xăng E5 và cũng tạm ngưng vì nhiều lý do. Sau đợt củng cố sản xuất và với quyết tâm về chính sách, năm 2014, xăng E5 (có pha 5% ethanol) được chính thức đưa vào các cây xăng ở nhiều tỉnh thành.

9.5.2 Biodiesel từ cây có dầu

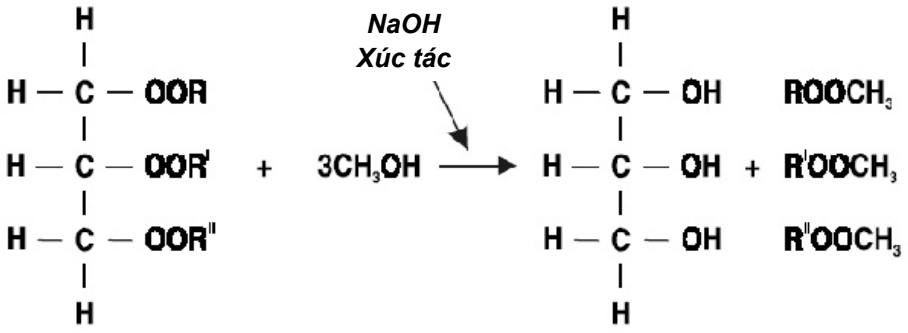
Dầu diesel do ông Rudolf Diesel tìm ra đầu tiên năm 1893 là từ dầu đậu phộng, sau này khoảng 1985 được gọi là *biodiesel* hay *diesel sinh học*

(Van Gerpen et.al 2007). Khoảng 1920 các nhà sản xuất cải tiến động cơ để dùng với diesel từ dầu hỏa rẻ hơn, đã "giết" biodiesel suốt mấy chục năm. Khoảng 1990, do giá dầu mỏ tăng, lại đưa ra sử dụng.

Dầu diesel sinh học dùng chạy xe có nhiều lợi điểm về mặt môi trường: giảm 50 % khí thải CO, giảm các chất hại môi trường khác như benzofluoranthene, benzopyrenes…

Qui trình sản xuất biodiesel

Dầu tự nhiên không thể làm nhiên liệu động cơ vì độ nhớt quá cao, gấp 10 lần diesel dầu mỏ, do đó khó bốc hơi. Cần loại bỏ glycerin, chất tạo độ nhớt chủ yếu. Thực sự, glycerin cũng là chính phẩm, là nguyên liệu làm xà-phòng. Phản ứng tạo biodiesel như sau:



Đây là phản ứng ester-hóa (*transesterification*), nghĩa là "bẻ" phân tử dầu lớn thành những phân tử nhỏ hơn, là qui trình biến dầu thực vật thành dầu diesel sinh học. Thực tế sản xuất gồm các công đoạn sau:

– Trộn methanol với xút (*sodium hydroxide*, NaOH).
– Trộn hỗn hợp trên với dầu /mỡ.
– Gạn glycerine (*glycerol*) ở đáy, cho phép còn sót 0,24 % glycerol
– Phần nổi ở trên là biodiesel (methyl esterate) và một ít glycerine.
– Làm sạch (loại bỏ tạp chất…).

Bảng 9.14 ghi đầu vào và đầu ra của qui trình sản xuất biodiesel.

Bảng 9.14. Các thành phần đầu vào và đầu ra của qui trình sản xuất biodiesel

ĐẦU VÀO	Tỷ lệ % theo thể tích	ĐẦU RA	Tỷ lệ % theo thể tích
Dầu / Mỡ	87	Ester (biodiesel)	86
Methanol /Ethanol	12	Methanol /Ethanol	4
Chất xúc tác	1	Phân bón	1
		Glycerin	9

Tính chất dầu sinh học

Bảng 9.15 ghi năng suất ép dầu theo khối lượng và thể tích của một số cây trồng, và một số tính chất so sánh với diesel dầu mỏ. Bảng 9.16 là các tính chất của diesel sinh học, và các yêu cầu theo tiêu chuẩn Mỹ ASTM D 6751–02. Tiêu chuẩn rất chi tiết, qui định phương pháp đo cho mỗi chỉ tiêu, ví dụ D613 cho chỉ số cetan, D6584 cho tổng số glycerin… Ký hiệu dầu diesel sinh học như sau:

- B100: Chứa 100% biodiesel, dùng ở một số nước châu Âu. Phải thiết kế động cơ chuyên dụng, nhưng vẫn khó nổ, nên khó hút khách hàng.
- B5: Chứa 5% biodiesel, không cần thay đổi kết cấu động cơ.
- B20: Chứa 20% biodiesel và 80% diesel; là hỗn hợp thông dụng nhất ở Mỹ, vì chỉ thay đổi chút ít kết cấu động cơ (dung hòa được).

Như tên gọi, biodiesel không dùng cho động cơ xăng.

Bảng 9.15. Tính chất biodiesel

	Tấn dầu / ha	m^3 dầu / ha	Chỉ số cetan	Nhiệt trị thấp, MJ/kg
Bắp	0,14	0,17		trong khoảng 35,3 -- 37,8
Đậu nành	0,38	0,45	46,2	
Đậu phộng	0,89	1,06		
Cải dầu (rapeseed)	1,00	1,19	54,4	
Lúa (dầu cám)	0,70	0,82		
Dừa	2,26	2,68		
Cọ dầu (palm)	5,01	5,94		
(so) Dầu diesel #2	-	-	47	43,1

Nguồn: Knothe et.al 2005; FNR 2014.

Bảng 9.16. Tính chất vật lý biodiesel và tiêu chuẩn ASTM D6751–02.

	Tối thiểu Min	Tối đa Max	ASTM D6751–02
Tỷ trọng *Specific gravity*	0,87	0,89	
Độ nhớt động *Kinematic viscosity* @40 °C, mm^2/s	3,7	5,8	1,9- 6,0
Chỉ số cetan *Cetane number*	46	70	*Min* 47
Nhiệt trị cao *Higher heating value* MJ / kg	39,37	41,86	
Nhiệt trị thấp *Lower heating value* MJ / kg	36,52	38,93	
Lưu huỳnh *Sulfur,* % khối lượng	0	0,0024	*Max* 0,05
Điểm dầu đông đặc *Cloud poin, t* °C	-11	16	thông tin
Điểm dầu nóng chảy *Pour point,* °C	-15	13	
Điểm flash *Flash point,* °C			*Min* 130
Chỉ số i-ốt *Iodine number*	60	135	
Chỉ số acid *Acid number,* mg KOH/ g			*Max* 0,80
Ẩm độ, % theo thể tích			*Max* 0,05
Tổng glycerin, *Total glycerin,* % k.lượng			*Max* 0,24
Phoshor, *phosphorus,* % khối lượng			*Max* 0,001

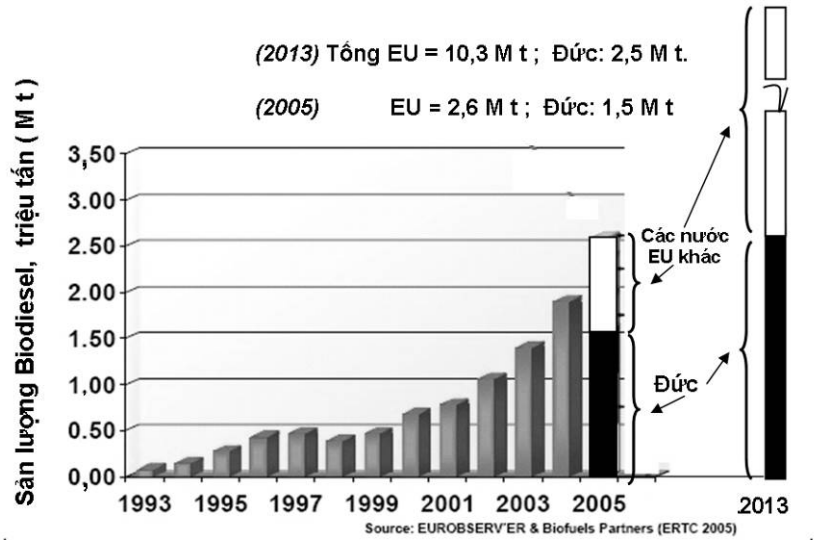
Ghi chú: Chỉ số i-ốt = số gram i-ốt hấp thụ bởi 100 gram dầu; chỉ số này liên quan đến tính ổn định (kháng oxy-hóa). Số càng thấp càng ổn định.

Tình hình sản xuất biodiesel trên thế giới

a) ***Âu châu***: Sản xuất chủ yếu từ cải dầu (*rapeseed,* Hình 9.44); mỗi hecta năng suất 3,5 tấn hạt chế biến thành 1,4 tấn biodiesel. Sản lượng biodiesel tăng nhanh, từ hầu như zero vào năm 1992 đến 2,6 triệu tấn vào năm 2005 (Hình 9.45), nhờ chính sách trợ giá. Ví dụ ở Đức năm 2004, 1 lít biodiesel bán với giá 0,8- 0,9 euro mà không chịu thuế; so với 1 lít diesel giá 1,0 euro hoặc 1 lít xăng giá 1,2 euro, trong đó 70% là thuế. Nhờ thế sản lượng biodiesel đã từ 130 000 tấn năm 1999, đến 2005 tăng gấp hơn 10 lần, đạt 1,5 triệu tấn, chiếm ≈4% thị phần so với diesel. Năm 2013, Đức vẫn dẫn

Hình 9.44. Cải dầu ở Đức

đầu với 2,5 triệu tấn trong tổng số 10,3 triệu tấn biodiesel của Liên minh châu Âu (EBB 2014).



Hình 9.45. Sản lượng biodiesel ở Âu châu (IFQC 2006; EBB 2014)

b) ***Mỹ***: Sản xuất biodiesel từ dầu đậu nành (quá lãng phí về dinh dưỡng!), năm 2005 đạt 260 000 tấn, thua xa châu Âu vì thiếu quyết tâm, vẫn còn trông cậy vào dầu mỏ. Gần đây, có thêm tận dụng dầu chiên bỏ đi (từ các nhà hàng thức ăn nhanh) để sản xuất biodiesel.

c) ***Malaysia***: Sản xuất từ dầu cọ, là loài cho sản lượng/ ha cao nhất trong các cây có dầu.

d) ***Philippines***: Sản xuất từ dầu dừa.

Vấn đề của cả dầu cọ và dầu dừa là giá cạnh tranh của thị trường thực phẩm cần rất nhiều dầu ăn cho con người.

e) ***Ấn Độ***: Dựa vào cây *Jatropha curcas L.* (cây dầu mè, cây cọc rào). Cây mọc ở đất khô hạn, không ăn được (cả người và gia súc hoặc chuột đều chê vì hạt có chất độc), năng suất cao 3- 12 tấn hạt /hécta (Hình 9.46). Tỷ lệ dầu khoảng 30- 35%, nghĩa là một hecta sản xuất được 1- 4 tấn biodiesel.

Hình 9.46. Cây Jatropha ở Ấn Độ

Tình hình sản xuất biodiesel ở Việt Nam

- Nở rộ tự phát là biodiesel từ ***mỡ cá basa***. Năm 2006-2007 một lít mỡ cá basa giá 4200- 4500 đồng, chế biến thành một lít biodiesel giá 6800 đồng. Dễ làm dễ lời nên ai cũng làm, kết quả là biodiesel "dỏm" làm hư máy tàu cá ở Cà Mau ngay ngoài biển khơi, thiệt hại lớn cho nghề cá. Thực sự, chất lượng biodiesel đòi hỏi cao, cần tiêu chuẩn chi tiết tương tự như ASTM D 6751–02. Không thể "tay ngang" cũng nhảy vào làm !

  Dầu sao, đến 2010, Công ty Minh Tú ở Cần Thơ đã đạt các tiêu chuẩn biodiesel làm bằng mỡ cá basa và đã xuất sang Singapore 23 000 Lít, để pha với diesel thành B5 hoặc B20.

- **Cây cọc rào** *Jatropha curcas L.* Nhiều cơ quan (Phân viện Hóa học các Hợp chất thiên nhiên TP HCM; Viện Khoa học Lâm nghiệp, Viện Khoa học Kỹ thuật Nông nghiệp Duyên hải Nam Trung bộ…) đã điều tra và thử nghiệm trồng cây này ở nhiều Tỉnh. Cây đã hiện diện lâu đời ở nước ta (Hình 9.47), phân bố khắp nước, thích nghi với nhiều loại đất, nhiều miền khí hậu, đặc biệt ở vùng khô hạn.

  Tuy nhiên, việc triển khai lập vùng nguyên liệu Jatropha còn gặp nhiều trở ngại, nên nhà máy sản xuất dầu vẫn còn trên giấy.

Hình 9.47. *Jatropha curcas* mọc hoang (Ninh Thuận)

- **Hạt cây cao su**. Việt Nam có 550 000 ha cao su, tương ứng với khoảng 200 000 tấn hạt mỗi năm. Dầu hạt cao su hiện chỉ mới được sử dụng một ít cho công nghiệp sơn dầu hoặc nhựa alkyd. Đây là loại dầu có tiềm năng dùng để sản xuất biodiesel.

- **Tảo biển** (*algae*). Đây là dạng nguyên liệu "thế hệ mới" đang phát triển trên thế giới. Trường Đại học Nông Lâm Tp Hồ Chí Minh năm 2006 đã sản xuất được biodiesel từ tảo biển *Chlorella* ở qui mô phòng thí

nghiệm. Đã xác định được thời điểm tạo đạt sinh khối cực đại trong qui trình nuôi tảo, qui trình trích ly dầu, và phản ứng tạo biodiesel (Trương Vĩnh và ctv 2008).

9.5.3 Biofuel từ gỗ củi

Quá trình hóa học *Fischer-Tropsch* để sản xuất khá phức tạp. Sinh khối được hóa khí, làm sạch, và 2 chất khí chủ yếu sinh ra là CO và H_2 được tổng hợp thành nhiên liệu lỏng. Hiện nay giá thành sản xuất còn cao, nhưng Đức vẫn đang đẩy mạnh nghiên cứu theo hướng này.

9.5.4 Vấn đề chung của nhiên liệu gốc sinh khối

Vấn đề hiện nay là sự cạnh tranh gay gắt giữa *thực phẩm* và *nhiên liệu*.

Nhìn từ khía cạnh ***an ninh lương thực***, năng lượng cần để nuôi dưỡng con người nhỏ hơn năng lượng để đốt rất nhiều. Chạy một xe hơi một năm với nhiên liệu sinh học, cần diện tích đất cỡ sân bóng đá, diện tích này nếu trồng lương thực sẽ nuôi sống mấy chục người trong năm đó. Vấn đề nhân đạo là không được tước thực phẩm của người đói, và như thế chỉ trồng cây lấy năng lượng ở các vùng còn đất hoang.

Ngay cả dư thừa cây trồng (ví dụ rơm rạ) để chế biến ra nhiên liệu cũng đặt ra vấn đề cạnh tranh. Rơm để thành xăng dầu, hay để trồng nấm rơm, hay nuôi bò lấy protein cho con người?

Nhìn từ khía cạnh ***an ninh năng lượng,*** cũng quan trọng không kém, với nhiều quốc gia đã bảo đảm được an ninh lương thực. Vì thế, Châu Âu vẫn quyết đưa khoảng 6% vào cơ cấu thay hoặc trộn với nhiên liệu gốc dầu hỏa.

Đã đồng thuận rằng thế kỷ tới, khi dầu mỏ cạn kiệt, tất cả nguồn năng lượng sử dụng là từ mặt trời. Năng lượng sinh khối là "con đẻ" của năng lượng mặt trời, sẽ góp phần quan trọng trong việc thay thế năng lượng hóa thạch. Đây là nhiệm vụ thứ hai của *nông nghiệp thế kỷ 21* là giải quyết vấn đề nóng lên của Trái đất do hiệu ứng nhà kính gây ra. Một hecta khoai mì với năng suất 20 tấn/ha có thể hấp thụ khoảng 5 tấn CO_2 và cho ra 10,6 tấn O_2.

Tuy nhiên, hiện nay giá nhiên liệu sinh học vẫn đắt hơn nhiên liệu gốc dầu hỏa (từ gấp rưỡi đến gấp đôi). Cần hạ giá thành sản xuất xuống còn khoảng 0,3- 0,4 USD/Lít. Đây vừa là vấn đề kỹ thuật, vừa là vấn đề chính sách.

9.6 CHÍNH SÁCH PHÁT TRIỂN NĂNG LƯỢNG SINH KHỐI

Chính sách là vấn đề lớn và cần thảo luận kỹ. Tuy nhiên trong phạm vi tiếp theo các chi tiết kỹ thuật, có thể phác thảo một số ý tưởng chính có liên quan.

a) Chính sách với năng lượng sinh khối tại nông thôn.

Cải tiến hiệu suất các bếp đun sinh khối ở nông thôn, thay thế một phần bằng bếp biogas… là những việc có vẻ nhỏ, nhưng thực sự tác dụng rất lớn vì ảnh hưởng đến hàng triệu hộ nông dân. Với nông dân, không thể thiếu yếu tố khuyến nông. Bộ Nông nghiệp và PTNT cần đưa vào chương trình khuyến nông toàn quốc, không thể để một vài cơ quan nghiên cứu mà đảm trách nổi cho cả nước.

b) Chính sách với năng lượng sinh khối dạng công nghiệp.

Cụ thể là phát điện từ sinh khối và sản xuất nhiên liệu sinh học. Bắt đầu bằng chính sách phát triển công nghệ, nghiên cứu trong nước hoặc ngoại nhập, kết hợp ứng dụng với sự tham gia của các doanh nghiệp tư nhân. Tiếp theo là chính sách tài chính (như *feed-in-tariff* ở Đức) và các ưu đãi đầu tư khác; có thế mới thu hút đầu tư từ các doanh nghiệp.

Tuy nhiên, cần đối chiếu giữa phát triển năng lượng sinh khối so với các nguồn năng lượng tái tạo khác, từ đó có chọn lọc cụ thể. Như phát triển xăng sinh học để đổ gọn vào xe hơi, là "độc quyền" của sinh khối; hoặc tận dụng phế phẩm nghiệp để phát điện. Nhưng trồng cây để lấy sinh khối đốt phát điện sẽ kém hiệu quả. Cùng một diện tích đất, quang điện mặt trời cho ra 100 lần nhiều điện hơn từ sinh khối.

Gọi là công nghiệp nhưng không thể thiếu phần tham gia của ngành nông nghiệp vì phải tập hợp nguồn nguyên liệu của hàng trăm hàng ngàn nông dân, vẫn còn canh tác nhỏ lẻ. Không có nguồn nguyên liệu, không thể có năng lượng cho công nghiệp. Năng lượng sinh khối cũng không là ngoại lệ.

9.7 TÀI LIỆU THAM KHẢO

Agitech (Trung tâm ứng dụng KHKT-CN An-Giang). 2010. *Giới thiệu tóm tắt lò nung gạch liên tục đốt trấu kiểu Thái Lan*. Tài liệu (Brochure) giới thiệu

Amrehn J. 2014. *Waste to Energ.* Bài trình bày tại Hội thảo "Grid-connected Biomass and Waste-to-Energy Technology and Finance" do GIZ và Bộ Công Thương tổ chức tại Tp Hồ Chí Minh, 20-23 th.5 /2014.

Beagle E. C. 1978. *Rice husk conversion to energy*. FAC Agr.Services Bul. N° 31, Rome.

EBB (European Biodiesel Board). 2014. *Statistics: the European biodiesel industry*. < http://www.ebb-eu.org/stats.php >

Enerteam 2010. *Dự án xây dựng lò nung gạch 4 buồng kết hợp hệ thống khí hóa trấu* . Tài liệu Hội thảo về "Mô hình lò nung gạch 4 buồng" tổ chức tại Sa-Đéc, Đồng Tháp, 12-10- 2010 ,

FNR (German Agency for Renewable Resources). 2014. *Bioenergy in Germany: Facts and figures*. < www.international.fnr.de >

Giáp Xứ. 1977. *Thực hiện lò đốt bằng trấu*. Báo Tin Sáng ngày 9-1-1977.

Gherzoi, A.P., V.P. Samochetov. 1960. *Grain drying and grain dryers*. Translated from 1958 Russian edition. Israel Program for Scientific Translation.

Gumz W. 1950. *Gas producers and blast furnaces*. John Wiley & Sons, Inc.

Heinimo J., M. Junginger. 2009. *Production and trading of biomass for energy – An overview of the global status*. Biomass and Bioenergy 33 (2009) 1310–1320.

IEA (International Energy Agency). 2014. *World Energy Outlook 2014 – Traditional use of solid biomass for cooking.* http://www.worldenergyoutlook.org/resources/energydevelopment/energyaccessdatabase/

IFQC (International Fuel Quality Center) & Methanol Institute. 2006. A Biodiesel Primer: Market & Public Policy Developments, Quality, Standards & Handling. < http://www.ifqcbiofuels.org >

Jones T. 1995. *The Vertical Shaft Brick Kiln*. GATE (German Appropriate Technology Exchange), Eschborn, Germany.

Karekezi, S., K. Lata, S.T. Coelho. 2004. *Traditional Biomass Energy: Improving its Use and Moving to Modern Energy Use*. Thematic Background Paper for the Secretariat of the International Conference for Renewable Energies, Bonn 2004.

Kaupp A, 1984. *Gasification and rice hull: Theory and praxis*. Fried.Viewweg &Sohn, Braunschweiig/ Wiesbaden, Germany.

Kaupp A., Goss J.R 1984. *Small-scale gas producer engine systems*. Fried.Viewweg &Sohn, Braunschweiig/ Wiesbaden, Germany.

Kitani O. (Ed.). 1999. *CIGR Handbook in Agricultural Engineering, Volume V (Energy and Biomass Engineering)*. Am. Soc. Agr. Engineers. (CIGR = Congrès International du Genie Rural).

Knothe G., J. Van Gerpen, J. Krahl. 2005. *Biodiesel handbook*. AOCS Press

Nguyễn Thanh Nghị. 2008. *Nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất khí sấy của lò đốt trấu bán tự động 25 kg/h*. Luận văn Thạc sĩ, Khoa Cơ khí- Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm Tp Hồ Chí Minh.

Phạm Văn Dũng. 2014. *Trung tâm Nhiệt Điện TTCS*. Bài trình bày /File PPT giới thiệu cho Lớp Cao học Cơ khí ĐH Nông Lâm, tại Tây Ninh ngày 20-6-2014.

Phan Hiếu Hiền, N.V.Xuân, N.H.Tâm, L.V.Bạn, T.Vĩnh. 2000. *Máy sấy hạt ở Việt Nam*. Nxb Nông nghiệp TP HCM.

Phan Hiếu Hiền, Nguyễn Văn Xuân. 2003. *Nghiên cứu sử dụng trấu ở Đồng bằng Sông Cửu Long: Biện pháp tiết kiệm năng lượng có hiệu quả và bảo vệ môi trường*. Kỷ yếu Hội nghị tại Sở Khoa học-Công nghệ TP Hồ Chí Minh, 20-21/ 10/ 2003.

Perry R.H., D. Green, 1997. *Chemical Engineers Handbook*. Mc-Graw Hill Inc.

Prasertsan S., G. Prateepchaikul, T. Theppaya, P. Kirirat. 1995. *A study toward energy saving in brick making, Part I: Simulation of Processes in brick kiln; PartII: Key Parameters for energy saving*. RERIC International Energy Journal Vol.17. No.2, December 1995.

Shleser R. 1994. *Ethanol production in Hawaii*. Hawaii Department of Business, Economic Development and Tourism, Honolulu.

Stanhill G. 1984. *Energy and agriculture*. Springer-Verlag, Berlin.

Tillman D.A, A.J. Rossi, W.D. Kitto. 1981. *Wood combustion: principles, processes, and economics*. Academic Press.

Thema J, S. Nanning, J. Buhl, T. Götz, T. Adisorn, J. Kurth, N. Manirjo, L. Echternacht, H. Berg. 2014. *Green niche-innovations in the German heat system*. Wuppertal Institute.

Trần Văn Tuấn, 2009. *Nghiên cứu giải pháp công nghệ hóa gas từ trấu làm nhiên liệu cho động cơ diesel kéo máy phát điện.* Luận văn thạc sỹ KHKT. Khoa Cơ khí-Công nghệ, Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh.

Trương Vĩnh, Đ.T. Hòa, N.V. Hải, N.T. Dũng, N.H. Nguyên. 2008. *Một số kết quả bước đầu về nghiên cứu biodiesel từ tảo biển tại Đại học Nông Lâm TP HCM và triển vọng ứng dụng tại Việt Nam*. Kỷ yếu Hội thảo "Phát triển dầu sinh học và nhiên liệu sinh học" tổ chức tại ĐH Nông Lâm TpHCM, ngày 2-12-2008.

Van Gerpen J. H, C. L Peterson, C. E Goering. 2007. *Biodiesel: An Alternative Fuel for Compression Ignition Engines*. ASABE Publication Number 913C0107; American Society of Agricultural and Biological Engineers.

Viện Năng lượng. 2008. *Chiến lược và kế hoạch tổng thể phát triển năng lượng tái tạo đến năm 2015 và tầm nhìn 2025*. Bộ Công Thương.

Võ đình Diệp, Nguyễn Thiện Tống. 1984. *Khoa học kỹ thuật phục vụ nông thôn: Năng lượng***.** Nxb TP Hồ Chí Minh.

10 Năng lượng khí sinh học (biogas)

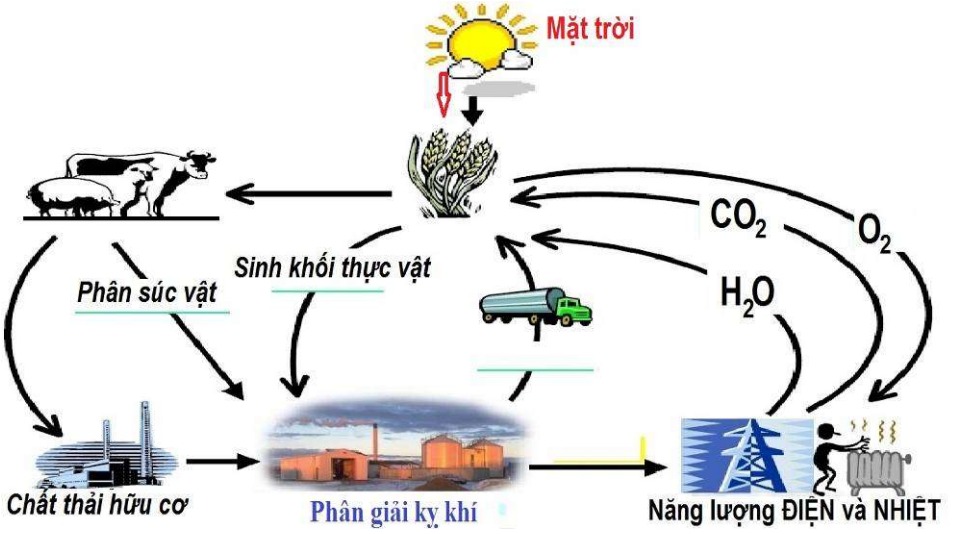
10.1 ƯU ĐIỂM CỦA KHÍ SINH HỌC 326
10.2 QUÁ TRÌNH SINH GA 327
10.2.1 Phản ứng tạo ga 327
10.2.2 Nguyên liệu ảnh hưởng đến quá trình sinh ga 328
10.2.3 Các yếu tố khác ảnh hưởng đến quá trình sinh ga 332
10.3 CÁC DẠNG BỂ KHÍ SINH HỌC 334
10.3.1 Kiểu xây cố định 334
10.3.2 Kiểu nắp nổi 335
10.3.3 Kiểu túi nhựa 335
10.3.4 Bể xây phủ bạt plastics 338
10.4 CÁC VẤN ĐỀ LIÊN QUAN ĐẾN THIẾT KẾ VÀ SỬ DỤNG 338
10.4.1 Chọn địa điểm 338
10.4.2 Yêu cầu sử dụng 339
10.4.3 Thể tích bể chứa 339
10.4.4 Loại bỏ nước ngưng tụ (qui mô nông trại) 339
10.4.5 Các vấn đề khác về thiết kế 340
10.4.6 Xử lý ga trước khi dùng 340
10.5 CÁC ÁP DỤNG CỦA KHÍ SINH HỌC 342
10.5.1 Áp dụng nhiệt 342
10.5.2 Áp dụng cho động cơ tĩnh tại 342
10.5.3 Áp dụng cho phương tiện giao thông 343
10.5.4 Nhà máy phát điện từ bi-ô-ga 344
10.5.5 Các bài toán minh họa về sử dụng bi-ô-ga 344
10.6 BI-Ô-GA VÀ MÔI TRƯỜNG 346
10.7 PHÁT TRIỂN BI-Ô-GA: THẾ GIỚI VÀ VIỆT NAM 346
10.7.1 Trung Quốc 346
10.7.2 Ấn Độ 347
10.7.3 Philippines 347
10.7.4 Đức 347
10.7.5 Việt Nam 350
10.8 TÓM TẮT VỀ KHÍ SINH HỌC 351
10.9 TÀI LIỆU THAM KHẢO 351

10.1 ƯU ĐIỂM CỦA KHÍ SINH HỌC

Khí sinh học (tiếng Anh *biogas* hoặc tiếng Pháp *biogaz*, trong bài này, gọi *bi-ô-ga*, hoặc *biôga* theo cách nói thông dụng), được biết từ thế kỷ 18, tận dụng phân gia súc để biến thành năng lượng. Ngày nay, *biôga* cũng được tạo ra từ phế phẩm khác (rơm, rác…) hoặc từ toàn thân cây trồng (bắp, cỏ…). *Khí sinh học là một dạng sản phẩm của* ***năng lượng sinh khối***.

Năng lượng của 1 m^3 bi-ô-ga khoảng 22 MJ tương đương 0,6 lit diesel, hay 2 kg gỗ củi. So với đốt 1 kWh điện chỉ được 3,6 MJ.

Ở nông thôn, bi-ô-ga từ chất thải giúp nông dân tăng thu nhập nhờ tiết kiệm chất đốt đun nấu (ở qui mô nhỏ) và tiết kiệm điện (ở qui mô lớn). Ngoài ra, bã thải của bi-ô-ga dùng làm phân bón (dưỡng chất) cho cây trồng hoặc nuôi cá. Đây cũng là cách cải thiện môi trường, giảm đáng kể lượng vi sinh vật có hại trong chất thải, ví dụ *E.coli* gây tiêu chảy.



Hình 10.1. Chu trình của khí sinh học (Al Seadi 2008)

Ở thành thị, xử lý bãi rác (*landfill*) nhằm giải quyết vấn đề môi trường đô thị, đồng thời sản sinh năng lượng, 1 tấn rác cho ra được 150- 250 m^3 ga. Rác ở TP Hồ Chí Minh chứa 80% là chất có thể phân hủy sinh học (75% phế liệu thực phẩm + 5% giấy) qui ra khoảng 5 800 tấn/ngày, tiềm năng tạo được 4 triệu kWh điện/ngày (N.Đ.Tuấn, 2007). So với giải pháp chỉ chôn

lấp, cần đến 10- 20 năm để rác phân hủy, như thế rất tốn diện tích đất. Tách phần rác hữu cơ ra và phân hủy kỵ khí, thời gian rút ngắn rất nhiều.

Bi-ô-ga cũng giảm gánh nặng môi trường toàn cầu với methane (CH_4) trong vòng kiểm soát sử dụng, thay vì bay tự do từ phân tươi và trở thành khí nhà kính (*greenhouse gas, GHG*).

10.2 QUÁ TRÌNH SINH GA

10.2.1 Phản ứng tạo ga

Từ 1890, đã xác định phản ứng tạo methane:

$CO_2 + 4\ H_2 = CH_4 + 2\ H_2O$

Hiện nay, quá trình tạo bi-ô-ga được thể hiện như sau:

$C_1\ H_x\ O_y$ →	***Quá trình phân giải***	→ CH_4 (50- 70%)
$C_n\ H_a\ O_b$ →		→ CO_2 (30 – 50 %)
Ví dụ $C_6\ H_{12}\ O_6$ →		→ H_2S; CO; NH_3 (vết = rất ít)

với các biến đổi sau:

Cellulose $C_6\ H_{12}\ O_6$ … … → CH_3COOH … … → 3 CH_4 + 3 CO_2

$C_1\ H_x\ O_y + (1 - x/4 - y/2)\ H_2\ O \rightarrow (1 - x/8 + y/4)\ CO_2 + (1/2 + x/8 - y/4)\ CH_4$

Cơ chế sinh khí methane gồm ba giai đoạn:

Giai đoạn 1: Phản ứng thủy phân, cho ra những chất đơn giản hơn, công thức gọn hơn. Ví dụ:

Protein → peptide, acid amin.
Đường poly → đường mono.
Mỡ → acid béo.

Giai đoạn 2: Phản ứng tạo acid, như acid propionic CH_3CH_2COOH, và một phần là alcohol, cuối cùng tạo ra acid acetic CH_3COOH.

Giai đoạn 3: Phản ứng tạo methane. Khoảng 70 % CH_4 là từ acid acetic

Bảng 10.1. Thành phần biogas

Khí	%
Methane CH_4	50- 75
CO_2	30- 45
Hơi nước H_2O	2- 5
H_2S (mùi thối!)	0,02- 2
O_2	< 2
N_2	< 2
H_2	< 1
Khác (CO, NH_3 …)	< 2

Đây là quá trình ***kỵ khí***, xảy ra trong không gian kín, với hầu hết các chất hữu cơ (trừ dầu hỏa và lignin).

Thành phần ga: Cuối giai đoạn 3, biogas tạo ra có thành phần khá biến động, tùy nguyên liệu và qui trình sản xuất, có thể khái quát như Bảng 10.1.

Nhiệt trị của methane CH_4 thuần là 33,9 MJ/m^3. Khí sinh học có chứa CO_2 nên nhiệt trị thấp hơn, khoảng 22 MJ/m^3; tác dụng tích cực của CO_2 là giảm cháy nổ.

10.2.2 Nguyên liệu ảnh hưởng đến quá trình sinh ga

Số liệu sinh ga thay đổi trước hết theo "nguyên liệu". Có 3 nguồn:

- Gốc động vật (phân heo, bò v.v).
- Gốc thực vật (dư thừa cây trồng như rơm rạ, thân lá bắp v.v); hoặc cây trồng để sản xuất bi-ô-ga.
- Rác hữu cơ (đô thị hoặc công nghiệp, hỗn tạp nhiều nguồn, cả động vật lẫn thực vật).

Các yếu tố của nguyên liệu ảnh hưởng đến quá trình sinh ga bao gồm:

10.2.2.1 Tổng hàm lượng chất rắn

Nông sản phẩm thường quan tâm đến ẩm độ; ví dụ một loại rau có ẩm độ 75% nghĩa là trong 100 g có 75 g nước và 25 g chất rắn. Với bi-ô-ga, nước không sản xuất ra khí, nên người ta quan tâm đến *Tổng hàm lượng chất rắn %**TS*** (*Total Solid, TS*); ví dụ phân heo có 25% *TS* đồng nghĩa với ẩm độ 75%, nghĩa là 100 kg nguyên liệu có 25 kg chất rắn. Xác định bằng cách sấy nguyên liệu ở 105 ^oC trong 20 giờ:

$$\%TS = (\textit{Khối lượng chất rắn khô}) / (\textit{Khối lượngnguyên liệu ướt}) * 100\%$$

Bảng 10.2 ghi hàm lượng chất rắn các loại nguyên liệu bi-ô-ga.

10.2.2.2 Hàm lượng chất rắn phân hủy được

Chất rắn *TS* có chứa một tỷ lệ tro (*ash*). Trừ phần tro, còn lại *Hàm lượng chất rắn phân hủy được* %***VS*** (*Volatile Solid, VS*) tính bằng % của Tổng hàm lượng chất rắn %*TS*. Xác định bằng cách đốt khối lượng chất rắn khô ở 550 ^oC trong 6 giờ, trừ đi khối lượng tro còn lại, và so với khối lượng chất rắn khô ban đầu. Ví dụ phân heo có 25% *TS* và 80,7% % *VS,* nghĩa là trong 100 kg phân có 25 * (80,7 /100) = 20,2 kg chất rắn phân hủy được;

đây chính là phần tham gia vào quá trình sinh học (Bảng 10.2). Tính trên lượng nguyên liệu, để phân biệt, dùng ký hiệu %*VM*:

$$\%VM = \frac{\text{Khối lượng chất rắn phân hủy được, kg}}{\text{Khối lượng nguyên liệu ướt, kg}} * 100\%$$

Mức nạp nguyên liệu được tính theo %*TS,* thường trong khoảng 3- 6 kg *TS* mỗi ngày cho 1 m^3 thể tích bể chứa. Chính xác hơn, nên tính theo %*VM*.

Bảng 10.2. Các thành phần nguyên liệu để sản xuất bi-ô-ga

Nguyên liệu	%*TS (của nguyên liệu)*	%*VS (của TS)*	***%VM (của nguyên liệu)***	%C của *TS*	%N của *TS*	C/N
Phân						
Heo	25	80,5	***20,1***	38,3	2,8	14
Bò	16	77,0	***12,3***	35,8	1,8	20
Gà	48	77,4	***37,2***	35,7	3,7	10
Dư thừa cây trồng						
Rơm lúa	89	79	***70,3***	36	0,7	51
Thân bắp	86	92	***79,1***	44	1,2	37
Cùi bắp	82	96	***78,7***	50	1,0	50
Vỏ đậu phộng	90	96	***86,4***	53	1,7	31

10.2.2.3 Nguyên liệu: Tỷ số *C/N* (carbon / nitrogen)

Cũng như người và động vật, vi sinh vật cần 2 chất dinh dưỡng chủ yếu là C (carbon) và N (nitrogen) để phát triển. Cần N nhưng nếu nhiều quá, vi sinh vật tập trung ăn hết N, do đó dư C. Số liệu về %*C*, %*N*, và tỷ số *C/N* ghi ở Bảng 10.2. (%*C*, %*N* của Tổng hàm lượng chất rắn %*TS*). Tốt nhất tỷ số C/N trong khoảng (25- 30) /1. Thân bắp có *C/N* khoảng 37 khá phù hợp với yêu cầu. Một cách làm là trộn nhiều nguyên liệu với nhau, ví dụ 1 phần phân heo và 1 phần rơm (theo khối lượng), có được $C/N \approx 31$.

Lưu ý: *C* trong cellilose hay hemicellilose có thể biến chuyển thành ga, nhưng trong lignin thì không thể, nên tỷ số *C/N* không tính phần lignin của sinh khối.

10.2.2.4 Tỷ lệ pha loãng Nước / Phân

Vi sinh vật phát triển tốt với hàm lượng chất rắn trong khoảng 6- 9%. Thường %*TS* khoảng 10– 20 % hoặc hơn, nên phải pha loãng, để một số thành phần đậm đặc quá như N và S sinh nhiều khí NH_3 và H_2S cản trở quá trình sinh ga. Với phân heo hoặc phân bò, cần pha loãng theo tỷ lệ Phân/ Nước ≈ 1 / 1 (tính theo khối lượng).

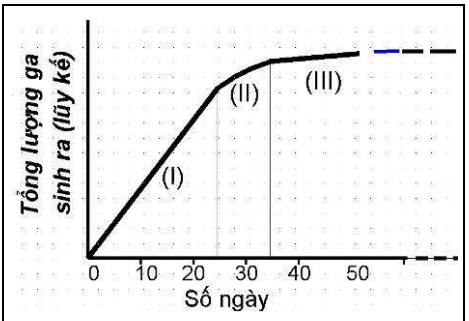
10.2.2.5 Lượng khí phát ra

Ở một nhiệt độ và các điều kiện khác nhất định, tổng lượng ga phát ra có dạng tiêu biểu như Hình 10.2. Có thể chia thành 3 giai đoạn:

(I): Tốc độ sinh ga cao.

(II): Tốc độ sinh ga giảm dần.

(II): Tốc độ sinh ga thấp, chỉ bằng 1/10 so với giai đoạn I.



Hình 10.2. Lượng bi-ô-ga phát ra

Nhờ thực nghiệm sinh ga theo mẻ (*batch*) tương tự như Hình 10.2, người ta xác định được thời gian lưu trú và lượng nguyên liệu cung cấp hàng ngày cho các hầm bi-ô-ga liên tục.

Lượng ga sinh ra Y_G [m^3] được tính theo công thức thức:

$$Y_G = G_{tươi} * (\%VM / 100) * Y_{VM}$$

với: $G_{tươi}$ = Lượng nguyên liệu cung cấp, tấn.

$\%VM$ = % chất rắn phân hủy được trong nguyên liệu.

Y_{VM} = Năng suất sinh ga, m^3 /tấn chất rắn phân hủy được *VM*.

Ở Đức đã tổng kết được năng lượng sinh ra với các nguyên liệu (Hình 10.3).

Vài con số tiêu biểu để dễ hình dung:

Phân heo: 0,56 m^3 ga /kg chất rắn khô (*TS*); ga chứa 60% CH_4.

Cỏ tươi: 0,63 m^3 ga /kg chất rắn khô; ga chứa 55- 60% CH_4 .

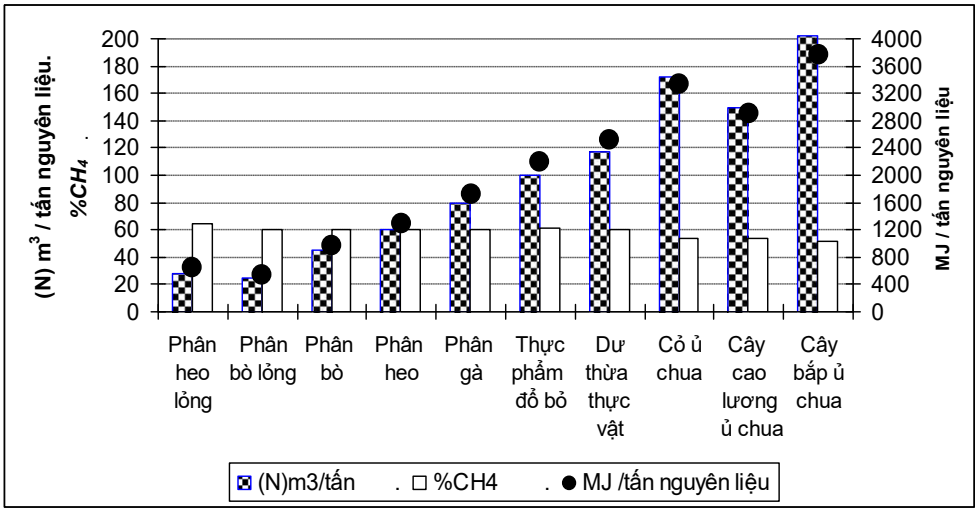
Heo: với 2- 3 kg phân/ ngày, thu được ≈ 0,15 m^3 gas / ngày

Bò: với 9- 15 kg phân/ ngày, thu được ≈ 0,40 m^3 gas / ngày

(1 kg phân tươi → ≈ 0,036 m^3 ga)

Ví dụ: 1 con bò cho ra 10 kg phân mỗi ngày, tương đương 2 kg chất khô, sản xuất được 10 * (0,05 m^3 ga/ ngày) = 0,5 m^3 ga/ ngày. Trại có 6 bò đủ cho cỡ bể 9 m^3 sản xuất được 3 m^3 ga/ ngày ở 30 ^oC (nhưng chỉ 2 m^3 ga/ngày ở 25 ^oC). Lượng ga này đủ cho một hộ 6-8 người, thay cho 10 kg củi đun nấu và 0,5 lít dầu hôi thắp sáng, nghĩa là mỗi năm thay thế được 4 tấn củi và 200 lít dầu hôi.

Thường sản lượng gas từ 6 bò tương đương 16 heo (V.Đ.Diệp và N.T.Tống 1984).



Hình 10.3. Năng lượng và lượng bi-ô-ga thu được từ các nguyên liệu
(Al Seadi 2008; FNR 2014)

Thời gian sinh ga khoảng 40– 100 ngày, với tốc độ khác nhau (Hình 10.2). Tùy nhiệt độ, năng suất sinh ga ở trong khoảng 0,3- 0,5 m^3 ga /ngày /m^3 bể chứa, qui về nhiệt độ và áp suất chuẩn (thường là 25 ^oC và 1 atm).

Ghi chú: Do bảo vệ môi trường, ở Đức từ 2012 qui định thời gian nguyên liệu lưu trú trong bể khá dài, đến 150 ngày. Lý do: mùa Đông không trồng trọt được, nên cũng không được đổ bã thải trên ruộng; bã thải tạo ra vào mùa Thu phải chờ đến mùa Xuân khi cần sử dụng mới được tháo ra. Thường có 2 bể nối tiếp. Dĩ nhiên chi phí xây bể lớn hơn sẽ cao hơn nhiều.

10.2.3 Các yếu tố khác ảnh hưởng đến quá trình sinh ga

10.2.3.1 Các chất cản (độc tố)

Các chất này với nồng độ cao làm ngưng quá trình lên men. Ví dụ:

- Ammonia: > 1500 ppm.
- Acid bay hơi: > 200 ppm (nhiều số khác nhau, tùy loại acid).
- Kim loại nặng.
- Thuốc trụ sinh thú y.
- Bột giặt: 40 ppm. Không để nước tắm giặt đổ vào đầu bể bi-ô-ga.

Các biện pháp khắc phục bao gồm:

- ♦ Thêm hoặc thay nguyên liệu.
- ♦ Tăng "mồi" chứa sẵn vi sinh vật

10.2.3.2 Nhiệt độ môi trường

Thực tế có hai nhóm vi khuẩn và hoạt động ở hai dãy nhiệt độ khác nhau (nhóm *mesophilic* ở 32- 42 ^{o}C, và nhóm *thermophilic* ở 50- 60 ^{o}C), nhưng nói chung đều cần nhiệt độ hơn 25 ^{o}C. Nhiệt độ càng thấp, vi sinh vật càng ít hoạt động. Ví dụ: ở 22– 26 ^{o}C sinh 0,3 m^3 khí/ m^3 bể/ngày; ở 10– 15 ^{o}C giảm 2 – 3 lần.

Ở các xứ lạnh, người ta thường dùng 1 % CH_4 sinh ra để sưởi ấm (bố trí ống nước nóng quanh bể).

Lưu ý: Nhiệt độ ảnh hưởng đến tốc độ sinh khí, không ảnh hưởng đến tổng khối lượng khí sinh ra (0,4– 0,5 m^3 / m^3 hỗn hợp phân và nước).

10.2.3.3 Độ pH

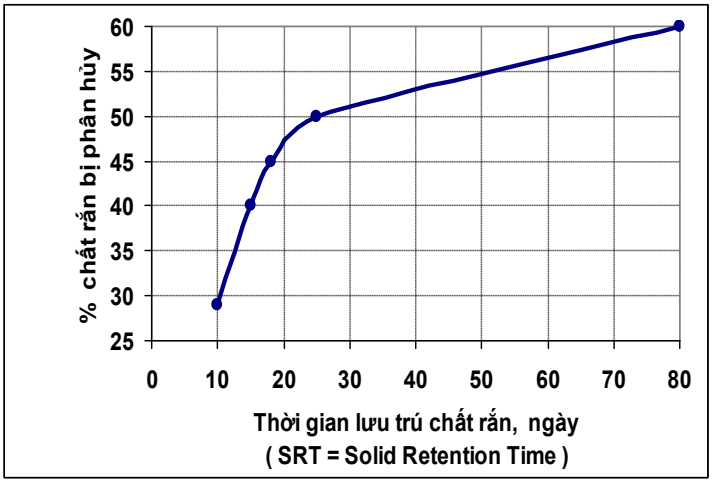
Tối ưu cho quá trình sinh ga, pH trong khoảng 6,8- 8,5. Nếu thấp quá, độ chua sẽ ngăn cản sự phát triển của vi khuẩn tạo ga; cần thêm nguyên liệu, hoặc thêm tro và vôi.

10.2.3.4 Thời gian lưu trú

Phân phải có đủ thời gian lưu trú để kịp phân hủy. Hình 10.4 cho thấy với phân bò, thời gian lưu trú phải khoảng 25 ngày mới phân hủy được 50% chất rắn (Burke 2001). Nói chung, thời gian lưu trú trong khoảng 15- 50 ngày tùy nhiệt độ và nguyên liệu. Công thức tính:

Số ngày lưu trú= Thể tích chứa khí, m^3 / *Lưu lượng chảy vào bể*, m^3/ngày

(Thể tích chứa khí thường chiếm khoảng 80- 85% thể tích xây dựng bể).



Hình 10.4. Tỷ lệ phân hủy chất rắn tùy thuộc thời gian lưu trú trong hầm bi-ô-ga (ví dụ với phân bò)

10.2.3.5 Áp suất

Nếu áp suất cao quá 600 mm H_2O (6 kPa) quá trình sinh ga chậm hẳn. Vì thế các bể kiểu Trung Quốc thường giữ áp suất dưới 400 mm H_2O.

10.2.3.6 Khuấy trộn

Khuấy trộn dung dịch nguyên liệu giúp tránh đóng váng và tránh đóng cặn, do đó giúp vi sinh vật tiếp xúc với nguyên liệu, làm tăng lượng ga khoảng 10– 15 %.

10.2.3.7 Nguyên liệu "mồi"

Nguyên liệu "mồi" (*starter*) đã chứa sẵn nhiều vi sinh vật, giúp sinh khí nhanh hơn, chỉ sau vài ngày thay vì một tháng. "Mồi" lấy từ các bể đang sinh ga với tốc độ cao (không quá 20 ngày), và thường bằng 20- 25% tổng khối lượng hỗn hợp. Ví dụ với tỷ lệ pha Phân/Nước là 1/1, trong 100 kg hỗn hợp, nếu tỷ lệ mồi là 20% thì có 20 kg mồi, và 80 kg phân tươi và nước, như vậy phân tươi là 80 /2 = 40 kg. Chính tỷ lệ mồi (bằng một nửa lượng phân) giúp đẩy nhanh quá trình sinh ga.

10.3 CÁC DẠNG BỂ KHÍ SINH HỌC

Gồm các kiểu sau đây:

10.3.1 Kiểu xây cố định

Còn gọi là "kiểu Trung Quốc" vì được phổ biến sớm và nhiều ở nước này.

Buồng chứa khí cố định, thành một khối với bể tiêu hóa, và gồm các bộ phận sau (Hình 10.5):

❶ Ống nạp nguyên liệu vào.

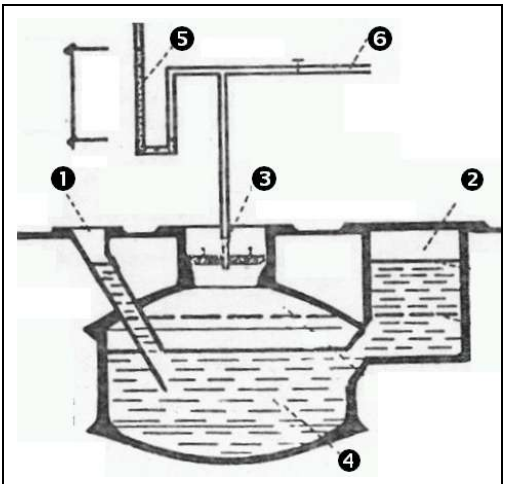
❷ Bể ra, chiếm khoảng 10% thể tích.

❸ Nắp, làm kín bằng nước.

❹ Bể: Không gian chứa nguyên liệu và ga.

❺ Dụng cụ đo áp suất, loại chữ U.

❻ Ống dẫn khí bi-ô-ga đến nơi sử dụng.



Hình 10.5. Bể bi-ô-ga kiểu xây cố định

Kích thước bể đã được tiêu chuẩn hóa 6, 8, 10, 12, 50, 100 m^3 và có thể tra dễ dàng. Ví dụ bể 8 m^3 xây dựng cần 1000 viên gạch, 20 bao xi-măng, với 40- 70 ngày công.

Tuổi thọ của bể xây cố định thường hơn 20 năm.

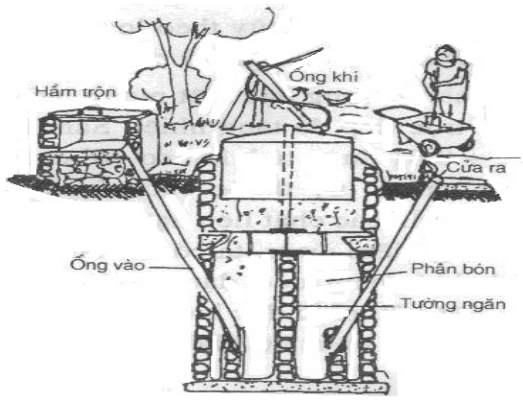
Ghi chú: Ở Việt Nam, có nhiều dạng tương tự, hoặc hình dáng khác. Ví dụ bể khối chữ nhật, nắp phẳng hoặc nắp vòm cong, như kiểu Trương Gắp ở Đà Nẵng…. Hoặc bể bằng composite dày 3- 5 mm; đầu tư khá cao, 1,5 triệu đồng /m^3 thể tích bể. Nhiều thiết kế được tiêu chuẩn hóa như KT1, KT2 (Nguyễn Quang Khải 2008) với kích thước đầy đủ và hướng dẫn xây dựng.

10.3.2 Kiểu nắp nổi

Còn gọi là "kiểu Ấn Độ" vì được áp dụng nhiều ở nước này. Đặc điểm là có nắp nổi, để giữ đều áp suất (Hình 10.6).

Áp suất ổn định, nhưng chỉ đạt khoảng 100 mm H_2O.

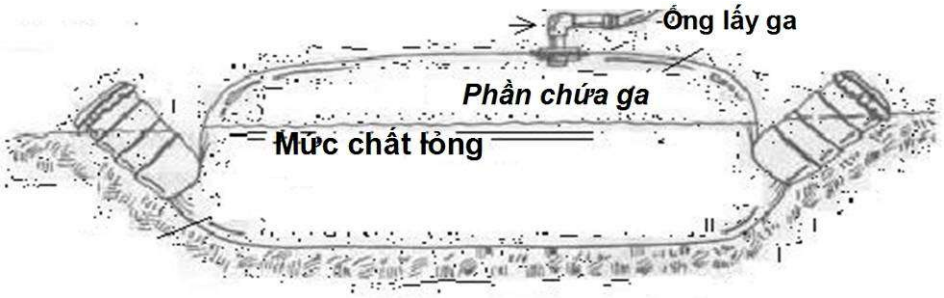
Giá đắt hơn kiểu xây cố định, tuy dễ xây lắp hơn. Ngày nay những bể xây theo kiểu này giảm dần.



Hình 10.6. Bể bi-ô-ga kiểu nắp nổi

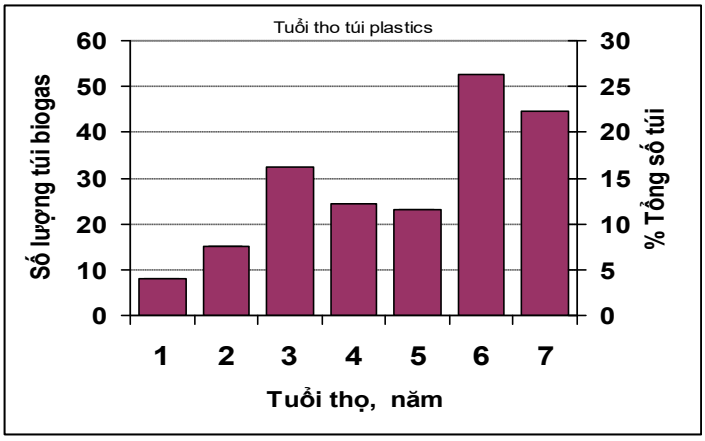
10.3.3 Kiểu túi nhựa

Bể sinh khí là túi nhựa (Hình 10.7 và 10.10), nên áp suất thường không quá 100 mm H_2O. Kiểu bi-ô-ga này đến Việt Nam qua đường vòng: Xuất phát từ Đài Loan qua Columbia, rồi vòng đến Việt Nam đầu tiên ở Khoa Chăn nuôi - Thú Y, Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM vào năm 1992. Đến 2002 đã lắp đặt hơn 15 000 túi trên 40 Tỉnh Thành, phối hợp với nhiều cơ quan, đặc biệt là các Trung tâm khuyến nông Tỉnh. Dần dần, nông dân chỉ mua các vật tư và tự lắp đặt. Giá một bể bi-ô-ga túi nhựa hoàn chỉnh qui mô gia đình cỡ 8 m^3 khoảng hơn 1,2 triệu đồng (60 USD). Đến 2011 ước lượng có hơn 100 000 bi-ô-ga plastics khắp nước.



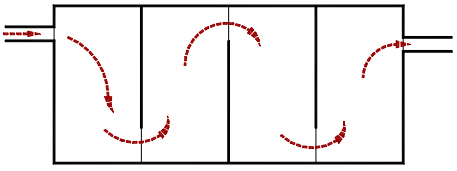
Hình 10.7. Sơ đồ túi bi-ô-ga plastic

Tuổi thọ túi bi-ô-ga nếu là nhựa PE thường khoảng 3- 6 năm tùy mức độ che nắng. Nếu thêm phụ gia chống lão hóa nhựa, tuổi thọ hơn 5 năm, có thể đến 10- 15 năm. Hình 10.8 là kết quả khảo sát tuổi thọ của 200 túi đã lắp đặt (Dương N.Khang và L.M.Tuấn 2002), số trung bình chung là 4,9 năm.



Hình 10.8. Điều tra tuổi thọ của 200 túi bi-ô-ga plastics

Ngoài 3 kiểu cơ bản trên, có nhiều kiểu khác, thực chất là biến thể của các kiểu này, nhắm đáp ứng yêu cầu năng suất lớn. Ví dụ: hầm xử lý nước thải, với mục đích chính là xử lý nước thải (thường ở các cơ sở công nghiệp) để không ô nhiễm môi trường. Hầm dạng dài, có nhiều ngăn (Hình 10.9). Chất thải pha nồng độ loãng (thường nhỏ hơn 1%, tức là chỉ vài gram chất rắn trong 1 lit nước).



Hình 10.9. Hầm xử lý nước thải.

Túi sinh khí

Túi trữ ga

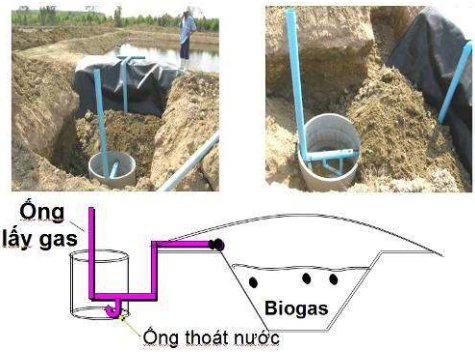
Hình 10.10.
Mô hình VACB với túi nhựa bi-ô-ga ở Đồng Nai

V = vườn;
A = ao;
C = chuồng;
B = bi-ô-ga

10.3.4 Bể xây phủ bạt plastics

Áp dụng cho qui mô khá lớn, trên 500 heo hoặc 150 trâu bò. Các trang trại heo của Công ty CP Việt Nam đang áp dụng kiểu này ở nhiều nơi (Hình 10.11) theo công nghệ của KSP Thái Lan.

(a) Bể bi-ô-ga xây phủ bạt plastics



(b) Ống lấy ga

(c) Đào hồ để xây bể

(d) Đào rãnh để chôn mép bạt plastics

Hình 10.11 . Bể bi-ô-ga xây phủ bạt plastics. (CP Việt Nam 2012)

10.4 CÁC VẤN ĐỀ LIÊN QUAN ĐẾN THIẾT KẾ VÀ SỬ DỤNG

10.4.1 Chọn địa điểm

Địa điểm lắp đặt bể bi-ô-ga cần đáp ứng các yêu cầu sau:

- Gần chuồng cung cấp nguyên liệu, và gần nguồn nước (không quá 1 km), để giảm khoảng cách đầu vào.
- Thấp hơn chuồng, để phân tự chảy vào.
- Gần nơi sử dụng, nếu có thể, để giảm khoảng cách đường ống dẫn.

- Có thể bố trí để tự phân chảy ra.
- Không quá gần cây với rễ to có thể đâm xuyên bể sinh khí.
- Không quá gần (xa ít nhất 10 m) các giếng nước hay nguồn nước khác, để không làm ô nhiễm nước ngầm.

10.4.2 Yêu cầu sử dụng

Yêu cầu sử dụng bi-ô-ga đa dạng, đã được tổng kết khá đầy đủ (Al Seadi 2008; FAO 1996; UNEP 1981,…). Ví dụ:

- Đun nấu (2 giờ/ngày, 1 bếp cho 10 người ăn): 0, 4 m^3.
- Thắp sáng (đèn măng-sông): 0,12 m^3 /giờ, sáng tương đương đèn điện dây tóc 100 W. Nếu thắp 3 đèn trong 3 h/ngày, cần 3 * 3 *0,12 = 1,08 m^3.
- Động cơ nổ: 0,6– 0,7 m^3/ kWh (0,45– 0,5 m^3/ mã lực/ giờ).
  Ví dụ: Động cơ 8 HP chạy 12 h/ngày, cần 8 * 12 * 0,45 = 43,2 m^3.

10.4.3 Thể tích bể chứa

Thể tích bể chứa V_b [m^3] tính theo công thức:
$V_b = G_n * T_r$

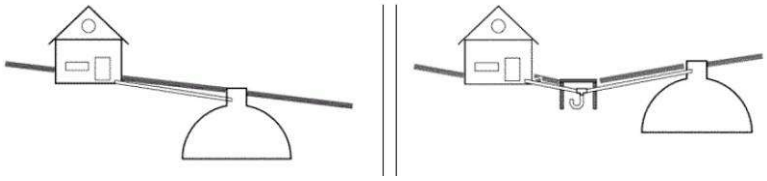
với: G_n: Lượng dung dịch phân sao cho nồng độ chất rắn khoảng 6- 9 % = lượng phân + lượng nước pha, [m^3/ngày]

T_r: Thời gian phân lưu trú trong bể, ít nhất 40 ngày;
(ở Đức hiện qui định đến 150 ngày, xem *Ghi chú* Mục 10.2.25).

Thể tích phần chứa khí (phần trên) phải lớn hơn 70% thể tích lượng khí sinh ra trong một ngày, để có thể dự trữ ga.

Số liệu ước lượng sơ bộ: Khoảng 6 kg phân mỗi ngày cho 1 m^3 thể tích bể.

10.4.4 Loại bỏ nước ngưng tụ (qui mô nông trại)



a: **b**

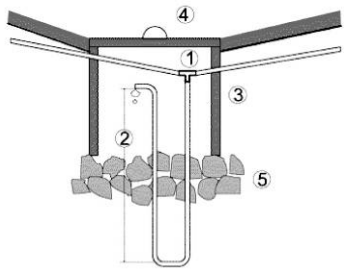
Hình 10.12. Tùy trường hợp để xét cần bố trí bộ phận xả nước ngưng tụ

Cần ngưng tụ hơi nước gần bể sinh khí để đường ống không bị tắt nghẽn. Tùy vị trí bể sinh khí thấp hay cao hơn nơi sử dụng (bếp…) mà quyết định có bộ phận này hay không.

Nếu nước ngưng tụ tự chảy trở lại bể sinh khí (Hình 10.12a), không cần bộ phận xả nước.

Ngược lại (Hình 10.12b), bể ở thấp hơn bếp, nên cần bộ phận xả nước ngưng tụ. Bộ phận này bố trí tự động như Hình 10.13.

Cột nước chênh lệch giữa hai nhánh chữ U bằng áp suất sử dụng cộng thêm 30% áp suất dự trữ.



Hình 10.13. Bộ phận ngưng tụ nước: (1) Ngã ba chữ T; (2) cột nước; (3) hố xây; (4) nắp; (5) thoát nước.

10.4.5 Các vấn đề khác về thiết kế

- Giữ nhiệt độ bể 30- 35 ^{o}C; ở xứ lạnh, cần bộ giao nhiệt nước nóng quanh bể sinh khí.
- Chống xì, không để oxygen lọt vào bể.
- Tính toán sức chịu tải với các thông số có sẵn, ví dụ: khối lượng phân 1,2 tấn /m^3; áp suất ga 5– 10 kPa.
- Cần bộ phận khuấy trộn, với bể cỡ lớn.

10.4.6 Xử lý ga trước khi dùng

Trong bi-ô-ga, ngoài CH_4 còn nhiều khí khác (CO_2,H_2O, NH_3…), tùy cấp độ sử dụng, cần loại bỏ một phần hay toàn bộ các khí tạp chất này. Làm sạch (*biogas cleaning*) để chỉ còn CH_4 và CO_2. Nâng cấp tinh luyện (*biogas upgrading*) để chỉ còn CH_4 ít nhất là 99%, gọi là *biomethane*, để phân biệt với methane từ dầu mỏ.

a) Loại bỏ hơi nước ở qui mô công nghiệp bằng các kỹ thuật:
   - Làm lạnh để ngưng tụ, với nhiệt độ 2- 5 ^{o}C.
   - Hấp thu bề mặt (*adsorption*) bằng các chất như silica gel, acrbon hoạt tính.
   - Hấp thụ (*absortion*) bằng các chất húy ẩm như tri-ethylene-glycol.

b) Loại bỏ H_2S, vì chất này tạo acid ăn mòn kim loại, và để bớt mùi khó chịu. Có nhiều phương pháp:

- Khử bằng cách cho luồng ga qua mạt sắt, sẽ bị oxyd hóa thành sulfide, theo các công thức sau.

$$3\ H_2S\ +\ Fe_2O_3 + H_2O \rightarrow\ Fe_2S_3\ +\ 4\ H_2O$$

hoặc $3\ H_2S\ +\ 2\ FeCl_3\ \rightarrow\ S + 2\ FeS\ + 6\ HCl$

- Kết hợp hấp thu bề mặt với carbon hoạt tính và oxy-hóa sinh học, nghĩa là qua tác động của vi sinh vật (*Thiobacilus spp; Sulfobacter oxydans*) với một ít không khí để oxygen khử H_2S:

$2\ H_2S + O_2 \rightarrow 2\ S\ + H_2O$, và S kết tủa được tách ra.

Hiện nay, đây là phương pháp chính để khử H_2S cho bi-ô-ga để chạy nhà máy phát điện. Tuy nhiên để nâng cấp thành *biomethane* cho xe cộ, lại phải loại bỏ một ít oxygen còn sót sau quá trình sinh học.

c) Giảm bớt CO_2 nếu dùng cho động cơ đốt trong, (nếu đốt để lấy nhiệt thì không cần loại bỏ, vì CO_2 an toàn trong sử dụng).

- Phương pháp thường dùng là cho luồng ga qua dung dịch vôi, hoặc qua vòi rửa nước. Mức độ hòa tan của CO_2 trong nước ở 10 ^oC và áp suất 50 bar gấp 7 lần so với ở 30 ^oC và áp suất thường.
- Làm lạnh ở nhiệt độ rất thấp, vì CO_2 đã hóa lỏng ở -78 ^oC và được tách ra, trong lúc CH_4 phải đến -160 ^oC mới hóa lỏng.

Biomethane được nén ở áp suất cao để dễ chuyên chở, và được sử dụng như khí ga thiên nhiên (*natural gas*, chứa 80- 90% CH_4) trong mạng lưới khí đốt hoặc dùng cho xe chạy khí ga.

d) Ở qui mô công nghiệp, cần loại bỏ các chất khác như NH_3, và siloxane tức là chất có chứa SiO_2. Tham khảo Petersson và Wellinger (2009) về các chi tiết và phương pháp nâng cấp bi-ô-ga.

10.5 CÁC ÁP DỤNG CỦA KHÍ SINH HỌC

10.5.1 Áp dụng nhiệt

Ở Trung Quốc và Ấn Độ, các bếp đun đạt hiệu suất nhiệt khoảng 60%, với lượng tiêu thụ ga trung bình 0,5 m^3 giờ /bếp. Do bi-ô-ga có tốc độ cháy lan chậm hơn ga LPG, nên thiết kế diện tích các lỗ đốt lớn hơn so với đốt LPG.

$$\textit{Tỷ số Diện tích (Lổ đốt / Lổ ống phun)} = 230–300$$

Áp dụng thứ hai là đèn măng-sông, tiêu thụ 0,06- 0,12 m^3/giờ. Xưa, áp suất ga cần đến 400 mm H_2O. Nay, ở Trung Quốc đã cải biến và phổ biến dùng với áp suất thấp 40 mm H_2O.

10.5.2 Áp dụng cho động cơ tĩnh tại

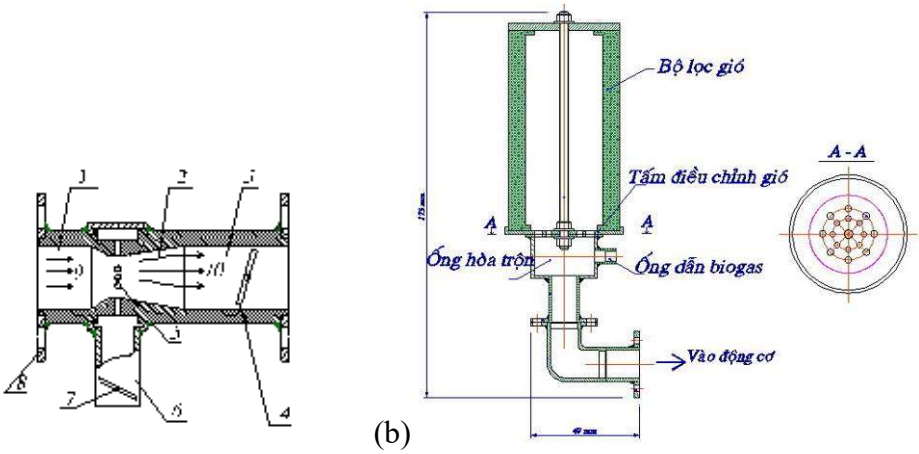
Nói chung, bi-ô-ga cho động cơ đạt hiệu suất 25– 30 %, cụ thể khoảng 0,45 m^3/h /HP hay 0,6 m^3 /h /kW. Nhắc lại, trước đó cần khử H_2S, nếu không sẽ giảm tuổi thọ ít nhất 15%, và phải thay nhớt sớm hơn 200 giờ so với dùng nhiên liệu dầu mỏ.

Với ***động cơ xăng*** (Hình 10.14) người ta thêm một bộ chế hóa khí (*carburetor*) cho bi-ô-ga, tức là thêm bộ hòa trộn bi-ô-ga và không khí; từ đó, dễ dàng chuyển đổi giữa bi-ô-ga và xăng (Hình 10.16). Do tỷ số nén để nổ bi-ô-ga chỉ khoảng 10- 12 nên có thể thay thế xăng 100%, nhưng mất công suất ≈30% so với xăng. Cần đánh lửa sớm 5- 10° vì ga chậm cháy.

Ở Mỹ, sử dụng bộ phận chuyển đổi từ động cơ xăng qua LPG, cũng dùng được cho bi-ô-ga.

Hình 10.14. Động cơ xăng chạy bằng bi-ô-ga

Hình 10.15. Động cơ diesel chạy bằng bi-ô-ga



Hình 10.16. Hai dạng hòa khí bi-ô-ga (N.V.Tuấn và Đ.C Huy 2008)

Với ***động cơ diesel*** (Hình 10.15) do methane CH_4 chỉ tự kích nổ ở 815 ^oC, mà cuối thì nén (dù tỷ số nén cao đến 17) chỉ đạt ≈700 ^oC, nên phải phun một ít diesel vào cuối thì nén. Khởi động bằng diesel, và duy trì cung cấp một phần diesel, thực tế đã thay được 75– 90 % diesel; động cơ diesel không thể chạy hoàn toàn bằng biôga.

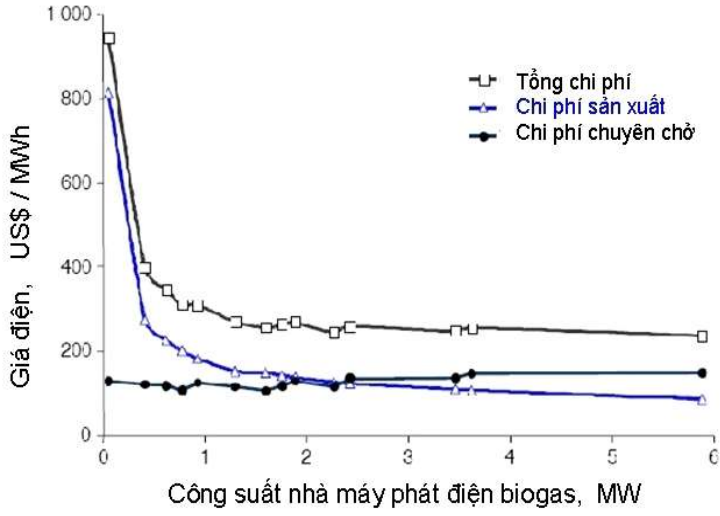
Ở nước ta, nhiều cơ sở (ở Tiền Giang, Tp Hồ Chí Minh, Đà Nẵng, v.v) cung cấp bộ chế hòa khí bi-ô-ga thay xăng, giá cả khá rẻ, khoảng 2 triệu đồng cho động cơ công suất 10 kW; hoặc nhận chuyển đổi động cơ diesel qua dùng thêm bi-ô-ga.

10.5.3 Áp dụng cho phương tiện giao thông

Bi-ô-ga đã được sử dụng cho xe hơi ở Đức, Thụy Điển, v.v. Thế giới hiện có hơn 50 nhà sản xuất khoảng 250 model các loại xe hạng nhẹ và hạng nặng sử dụng biôga. Bi-ô-ga được nén chứa trong bình áp lực 200- 250 atm (chính xác hơn, phải gọi là *biomethane*, với 80- 99% CH_4 tùy tiêu chuẩn các nước). Cũng có xe chạy với 2 nhiên liệu, ga ở cuối thì nén kích nổ bằng cách phun một ít diesel vào. Xe chạy bằng bi-ô-ga có ưu điểm khí thải ít gây ô nhiễm môi trường hơn. Khi so sánh với các nhiên liệu sinh học khác, bi-ô-ga cũng có ưu thế: Một xe hơi thông thường (tiêu thụ 7,4 lít xăng hoặc 6,1 lít diesel /100 km) chuyển đổi dùng ethanol hoặc biodiesel có thể chạy được 23 000 km với nguồn nguyên liệu từ 1 ha cây trồng phù hợp. Cũng 1 ha đó, nếu chuyển đổi thành bi-ô-ga sẽ chạy được 67 000 km, gần gấp 3 lần, (Al Seadi 2008).

10.5.4 Nhà máy phát điện từ bi-ô-ga

Phát điện từ bi-ô-ga cần làm lớn, ví dụ xử lý cỡ 100 000 tấn chất thải mỗi năm. Nhà máy công suất trên 500 kW giá điện mới rẻ và cạnh tranh được (Hình 10.17). Đầu tư nhà máy thay đổi theo nhà sản xuất, từ 3- 6 triệu USD /MW (Burke 2001), đắt hơn đầu tư điện gió, nhưng rẻ hơn điện mặt trời.



Hình 10.17. Giá sản xuất điện từ khí sinh vật giảm với qui mô lớn (Ghafoori và Flynn, 2006)

Các bể bi-ô-ga lớn ở Âu Châu có hiệu suất sinh ga cao, khoảng 1,0 m^3 ga cho mỗi m^3 thể tích bể, so với các bể bi-ô-ga gia đình ở Á Châu chỉ đạt 0,5 m^3 ga / m^3 bể (Plöchl & Heiermann 2006).

10.5.5 Các bài toán minh họa về sử dụng bi-ô-ga

Các bài toán sau đây nhằm giúp độc giả hình dung qui mô trang trại chăn nuôi cho các ứng dụng khác nhau.

Bài 1: Một trại chăn nuôi heo muốn dùng điện từ khí bi-ô-ga để phục vụ nhu cầu điện trong trang trại (thắp sáng, chạy máy bơm, thiết bị điện gia đình…). Giả sử hiệu suất sử dụng chung là 70% (0,70). Biết rằng mỗi ngày trang trại cần 80 kWh, mỗi con heo cho 2- 3 kg phân /ngày, sinh ra được 0,15 m^3 ga, để sản xuất 1 kWh cần 0,8 m^3 bi-ô-ga. Vậy trại cần có bao nhiêu con heo ?

Giải:

Với hiệu suất sử dụng chung 0,70 năng lượng cần cung cấp
= 80 kWh/ 0,7 = 114,3 kWh.

Mỗi con heo cung cấp ra năng lượng điện bi-ô-ga mỗi ngày
= 0,15 m^3 ga * 1 kWh /(0,8 m^3 ga) = 0,188 kWh

Vậy số heo cần có = 114,3 kWh / 0,188 kWh/con = 610 con

Bài 2:

Trại heo trên muốn sử dụng bi-ô-ga làm nguồn nhiệt cho máy sấy hạt cỡ 4 tấn/mẻ (G_1 = 4000 kg, mỗi mẻ sấy khoảng 12 giờ). Yêu cầu sấy hạt ẩm độ đầu M_1 = 25% xuống ẩm độ cuối M_2 = 14%. Yêu cầu về nhiệt lượng sấy được tính đơn giản từ lượng nước trong hạt cần bốc hơi G_{H2O}; ẩn nhiệt bốc hơi lý thuyết là 540 kcal/kgH_2O, và giả sử hiệu suất nhiệt tổng thể của hệ thống sấy là 70% (0,7). Biết: Mỗi heo cho ra 0,15 m^3 ga/ngày; và năng lượng 1 m^3 bi-ô-ga khoảng 22 MJ. Hỏi cần bao nhiêu con heo?

Giải:

Lượng nước cần bốc hơi:

$$G_{H2O} = G_1 * \frac{M_1 - M_2}{100 - M_2} = 4000 * \frac{25_1 - 14}{100 - 14} = 511,6 \text{ kg /mẻ}$$

Lượng nhiệt cần:

Q = 511,6 kg H_2O * 540 kcal / kg H_2O * 4,18 kJ / kcal / 0,7

= 1 649 781 kJ ≈ 1650 MJ

Mỗi con heo cung cấp mỗi ngày 0,15 m^3 ga * 22 MJ /m^3 = 3,3 MJ

Vậy số heo cần có để cung cấp nhiệt sấy = 1650 MJ / 3,3 MJ ≈ 500 con.

Bài 3:

Máy sấy (Bài 2) có động cơ 8 HP chạy bằng bi-ô-ga trong 12 giờ. Tính số heo cần cho phần động cơ. Suất tiêu thụ bi-ô-ga cho động cơ là 0,45 m^3/h/HP (hay 0,45 m^3/HP.h)

Giải:

Năng lượng cần cho động cơ 8 HP * 12 h = 96 HP.h

Ứng với yêu cầu lượng bi-ô-ga = 96 HP.h * 0,45 m^3/HP.h = 43,2 m^3 ga

Mỗi heo cho ra 0,15 m^3 ga/ ngày, vậy cần có: 43,2 m^3 /0,15 m^3 = 288 con.

Số heo cần cho động cơ bằng ≈ 60% so với số heo để cho ga cung cấp nhiệt.

10.6 BI-Ô-GA VÀ MÔI TRƯỜNG

Phế phẩm bi-ô-ga làm chất dinh dưỡng và bảo đảm vệ sinh môi trường, vì loại bỏ được các vi sinh vật gây bệnh, và loại bỏ phần lớn mùi hôi thối.

Bã thải của quá trình sinh bi-ô-ga có thể dùng làm phân bón. So với nhu cầu N--P_2O_5--K_2O, lần lượt là 53--22--12 kg/ha với bắp, và 54--7--74 kg/ha với lúa (tiêu biểu), mỗi tấn bã thải bi-ô-ga chỉ chứa 16--16--10 kg các dưỡng chất trên. Như vậy, bã thải bi-ô-ga thêm dưỡng chất cùng với phân hóa học, đồng thời tăng độ hữu hiệu sử dụng phân hóa học; cỡ 3- 4 tấn/ha là đủ cho cây trồng theo "nông nghiệp hữu cơ".

Bã thải bi-ô-ga cũng có thể nuôi cá, thay thế được tối đa 50% thức ăn cho cá.

10.7 PHÁT TRIỂN BI-Ô-GA: THẾ GIỚI VÀ VIỆT NAM

10.7.1 Trung Quốc

Trung Quốc từ lâu đã có chính sách phát triển bi-ô-ga. Sau giai đoạn khởi động 1970-1980 với nhiều thử nghiệm và thăng trầm do công nghệ chưa hoàn chỉnh, từ 1990, đã phát triển ổn định. Từ khoảng 6000 bể sinh khí năm 1970, đến 1993 có khoảng 5 triệu bể, năm 2002 có 10 triệu bể, năm 2005 có 18 triệu bể với sản lượng 7 tỷ m^3, và cùng với 3500 nhà máy phát điện bi-ô-ga, đã xử lý khoảng 87 triệu tấn chất thải động vật mỗi năm. Ngoài ra, cũng thử nghiệm với hàng trăm mô hình sử dụng sinh khối thực vật dư thừa cây trồng để làm bi-ô-ga; đây là nguồn cung cấp lớn, mỗi ngày có đến cỡ 1 triệu tấn. Một khảo sát năm 2001 (REN21 2005) cho thấy các hộ có một con bò hoặc 3 con heo đã lắp đặt bi-ô-ga sử dụng chủ yếu cho đun nấu, giảm được một nửa số củi vụn và rơm rạ đun nấu trước đây, và giảm được khoảng 12 USD chi phí chất đốt mỗi tháng.

Phát triển tăng tốc đến 2012 có 41 triệu bể bi-ô-ga nằm trong 23% hộ gia đình ở nông thôn (Xia Zuzhang 2013), cùng với 24 000 nhà máy phát điện bi-ô-ga cỡ nhỏ (thể tích bể < 300 m^3), 3700 nhà cỡ vừa (300-500 m^3) và lớn (thể tích bể > 500 m^3), và 80 000 trại chăn nuôi có máy phát điện bi-ô-ga; ước tính tổng sản lượng bi-ô-ga trong năm là 15 tỷ m^3. Ngoài ra có khoảng 100 nhà máy phát điện từ bi-ô-ga rác đô thị hoặc phế phẩm công nghiệp; lớn nhất là xử lý phế phẩm từ ethanol ở tỉnh Hồ Nam, sản xuất 0,5 triệu m^3 biôga mỗi ngày (Li Xiujin 2013).

10.7.2 Ấn Độ

Ấn Độ cũng là nước phát triển sớm về bi-ô-ga từ 1960, với Chương trình Quốc gia về bi-ô-ga năm 1981. Năm 1999 đã có khoảng 3 triệu hầm kiểu hầm nắp nổi thuộc "trường phái Ấn Độ". Nhưng từ đó, tốc độ phát triển không cao so với Trung Quốc.

Ấn Độ có các nhà sản xuất thiết bị bi-ô-ga phát điện cỡ lớn. Ví dụ Genset JGS 320 GS-L.L của Công ty GE Jenbacher, với lượng ga 760 m^3/h, chạy động cơ nặng 5,5 tấn và phát điện 1065 kW.

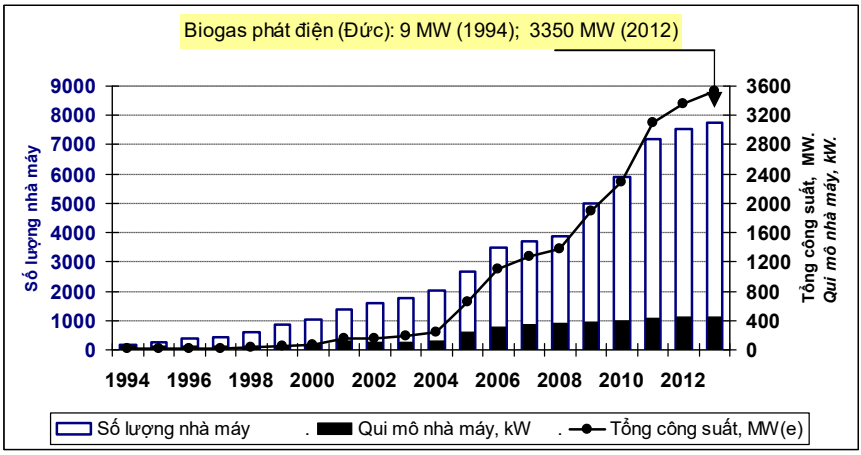
10.7.3 Philippines

Tuy không phát triển nhiều như Trung Quốc hoặc Ấn Độ, nhưng nước này cũng có nhiều mô hình bi-ô-ga phát điện cỡ lớn. Như Trại Maya Farm khởi đầu với 10 000 heo (Maramba 1978), đến 1995 với 50 000 heo nhờ bi-ô-ga đã hoàn toàn tự túc về điện cho sinh hoạt và chế biến (Hình 10.18).

Hình 10.18. Bi-ô-ga ở trại heo Maya, Philippines (Photo: P.H.Hien)

10.7.4 Đức

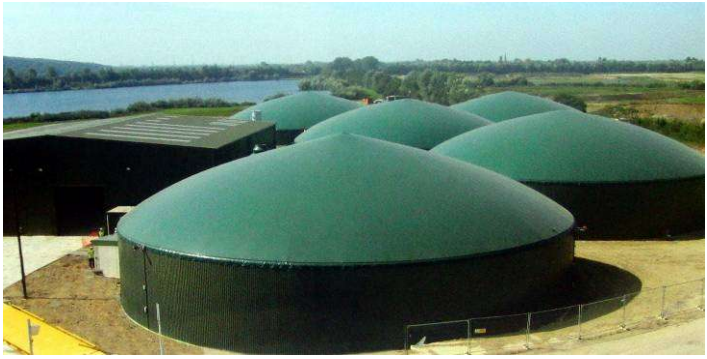
Phát triển bi-ô-ga đi theo hướng công suất lớn, với các nghiên cứu từ 1970 sau khủng hoảng dầu mỏ lần đầu, năm 1997 có 400 nhà máy phát điện bi-ô-ga. Sau 10 năm đã tăng gấp 10 lần (Hình 10.19).



Hình 10.19. Tăng trưởng bi-ô-ga phát điện ở Đức. (Nguồn: FNR 2014)

Đến 2010 đã có hơn 5000 nhà máy phát điện với tổng công suất 2100 MW, (Hình 10.19 và 10.20) cung cấp 15 000 GWh cho 4,3 triệu hộ (tính ra khoảng 10 kWh/hộ/ngày).

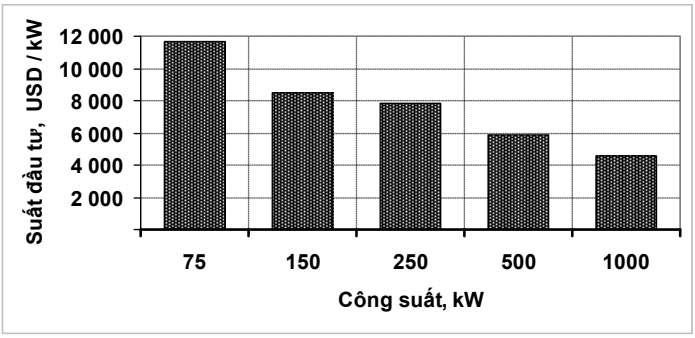
Hình 10.20. Bể sinh khí 600 m^3 (từ 250 bò sữa), sinh ga 10 m^3/h , bể trữ khí 80 m^3



Hình 10.21. Bể sinh khí 1300 m^3, và bể trữ khí 2800 m^3

Năm 2012, tổng công suất tăng đến 3300 MW phát từ 7500 nhà máy, với hơn 2/3 có công suất từ 500 kW trở lên. Suất đầu tư giảm với qui mô nhà máy lớn (Hình 10.22).

Được như vậy, ngoài các thành tựu từ nghiên cứu kỹ thuật, còn nhờ chính sách khuyến khích bằng giá mua điện (*feed-in-tariff*), được ban hành năm 2000. Trong lúc chi phí sản xuất 1 kWh điện bi-ô-ga là 0,08- 0,11 euro (tùy qui mô), nhà nước trợ giá thêm 0,07- 0,17 euro để thành giá bán điện, và kéo dài 20 năm. Điện bi-ô-ga của Đức chiếm 1/3 công suất điện bi-ô-ga của châu Âu, và đứng đầu châu lục này.



Hình 10.22. Suất đầu tư nhà máy biogas phát điện giảm với qui mô lớn (Đức)

Đức cũng đi đầu trong việc tinh luyện bi-ô-ga thành ga 98% methane để cung cấp như khí đốt. Từ vài nhà máy đầu tiên năm 2006 với tổng năng suất sinh ga khoảng 1000 m^3/h, đến 2012 đã có 120 nhà máy, sản xuất 73 000 m^3/h; ước lượng tăng hơn 100 000 m^3/h năm 2014; và kế hoạch thêm 1000 nhà máy để đến 2020 sẽ đảm bảo cho 6% tổng lượng ga tiêu thụ ở Đức. Đầu tư nhà máy tinh luyện ga qui mô 500 m_3/giờ khoảng 5 triệu USD, và chi phí tinh luyện khoảng 1 USD/ m^3 biomethane (FNR 2014).

Một điểm đáng lưu ý là trong cơ cấu các ***nguyên liệu*** sản xuất bi-ô-ga, cây trồng năng lượng (*energy plants,* trồng với mục đích lấy năng lượng, không phải thực phẩm) chiếm đa số, 53% khối lượng đầu vào và 81% năng lượng đầu ra (Bảng 10.3). Kế tiếp là phân động vật, tuy chiếm 43% khối lượng đầu vào, nhưng chỉ sản xuất được 14% năng lượng (Findeisen 2014).

Bảng 10.3. Cơ cấu nguyên liệu sản xuất bi-ô-ga ở Đức năm 2012

	Cây trồng năng lượng	Phân động vật (đặc & lỏng)	Phế phẩm nông/ công nghiệp	Tổng
Theo khối lượng đầu vào	**53%**	43%	4%	100%
Theo năng lượng phát ra	**81%**	14%	5%	100%

Năm 2012, trong tổng số 2,5 triệu ha trồng bắp ở Đức, tuy đa số để phục vụ chăn nuôi, vẫn để khoảng 1/3 diện tích tức 0,8 triệu ha cho ủ chua làm biogas phát điện.

Kết quả sử dụng được tóm tắt ở Bảng 10.4 (FNR 2014), cho thấy, cùng với sử dụng năng lượng quang điện trực tiếp từ mặt trời, hay gián tiếp từ năng lượng gió, biogas là cách biến đổi năng lượng mặt trời hiệu quả nhất thông qua sinh khối. Từ lượng điện sử dụng mỗi hộ trong một năm, suy ra được

khả năng cung cấp điện; ví dụ từ 1 ha bắp ủ chua, có điện cho 17 hộ sử dụng 1000 kWh mỗi năm.

Bảng 10.4. Năng suất cây trồng, năng lượng biôga, và năng lượng điện

Cây trồng	Năng suất, tấn tươi/ha	Lượng biôga, (N) m^3	Lượng điện, kWh
Bắp ủ chua (corn silage)	50	4 670	17 260
Cỏ sudan (họ sorghum)	55	3 390	12 540
Cỏ ủ chua	36	3 100	11 490

10.7.5 Việt Nam

Phát triển bi-ô-ga ở nước ta có sự tham gia của nhiều cơ quan nghiên cứu, như Đại học Cần Thơ, Đại học Nông Lâm TP HCM, Đại học Bách khoa Đà Nẵng, Sở Khoa học-Công nghệ Đồng Nai, v.v (Hình 10.23), và hầu hết các Trung tâm Khuyến nông Tỉnh.

Hình 10.23. Bể bi-ô-ga 100 m^3 ở Đồng Nai

Đặc biệt, nhiều tư nhân đã chế tạo và áp dụng thành công biôga cho động cơ nổ, ở Bình Dương, Tiền Giang, TP Hồ Chí Minh (Củ Chi), Đồng Nai…, bằng cách chuyển máy phát điện trước chạy bằng xăng hoặc dầu diesel sang chạy bằng bi-ô-ga.

Văn phòng Dự án Khí sinh học Trung ương ở Hà Nội được thành lập để điều phối các hoạt động hợp tác với nước ngoài. Giai đoạn 2007- 2010, Chính phủ Hà Lan viện trợ không hoàn lại cho Việt Nam 3,1 triệu euro để xây dựng thêm 140 000 công trình bi-ô-ga ở 50 tỉnh, thành trên cả nước. Vốn đối ứng gồm phần tương đương 3,5 triệu euro của các tỉnh tham gia dự án, và khoảng tương đương 28 triệu USD do người dân tự đầu tư. Chi phí trung bình xây dựng một công trình 8 m^3 khí ga hoàn chỉnh là 3- 5 triệu đồng. Dự án trợ giá 25% tổng đầu tư một công trình khí sinh học cho các hộ dân tham gia dự án. Dự án "*Chương trình Khí sinh học*" đã hoàn thành số lượng đúng hạn.

Hiện nay, ước lượng (tổng hợp từ nhiều nguồn) cả nước có khoảng 500 000 bể khí sinh học cỡ nhỏ. Cùng với phát triển "phần cứng" là đội ngũ chuyên gia, cán bộ khuyến nông, thợ lắp đặt… rãi đều khắp nước, là tiền đề để phát triển bi-ô-ga cỡ lớn hơn trong tương lai. Tài liệu phổ biến cũng rất phong phú, từ cấp trung ương đến cấp tỉnh, huyện.

Với cỡ lớn xử lý rác hoặc chất thải công nghiệp, chỉ mới có vài cơ sở, ví dụ Khu xử lý rác Gò Cát (TP.HCM, với tổng công suất phát điện 2 MW; Khu xử lý bi-ô-ga thuộc nhà máy rượu Lam Sơn (Thanh Hóa).

10.8 TÓM TẮT VỀ KHÍ SINH HỌC

Nghiên cứu cơ bản về bi-ô-ga đã khá đầy đủ để áp dụng cho các bể bi-ô-ga thông dụng. Lợi thế của bi-ô-ga là từ các mô hình nhỏ, có thể nhân lớn được (*scale-up*), khác với một số dạng năng lượng khác (như năng lượng gió, từ một động cơ nhỏ, chưa chắc đã nhân lớn được). Vấn đề là ứng dụng sao cho rẻ, phù hợp với điều kiện kỹ thuật và cơ khí tại địa phương.

Các nghiên cứu hiện nay đi sâu vào các quá trình tinh luyện bi-ô-ga cho động cơ, cùng với sử dụng hỗn hợp nhiều chất thải và phế phẩm động vật và thực vật khác nhau, sao cho đạt hiệu suất tối ưu. Sinh khối thực vật (cây trồng và phụ phẩm) được xem như là « cục pin » tích chứa năng lượng mặt trời để chuyển thành năng lượng điện và nhiệt thông qua bi-ô-ga. Bi-ô-ga không phải chỉ từ phân heo phân bò...

Bi-ô-ga từ nông nghiệp mà ra, trở lại phục vụ nông nghiệp với chu trình chất hữu cơ bền vững, giảm ô nhiễm môi trường, đồng thời sản sinh năng lượng cho con người. Mô hình VACB (Vườn cây, Ao cá, Chuồng, Bi-ô-ga) có thể coi là ưu việt nhất của nông nghiệp bền vững.

10.9 TÀI LIỆU THAM KHẢO

Al Seadi T. 2008. *Biogas handbook*. University of Southern Denmark.

Bui V. Chinh, H.T.L. Huong, D.N. Quynh, N.N. Thai, D.N.Khang, N.N. Em. 2013. *Handbook on quality guidelines for some kinds of small scale biogas plants in Vietnam*. VBA (Vietnam Biogas Association).

Burke D.A. 2001. *Dairy Waste Anaerobic Digestion Handbook*. Environmental Energy Company, Olympia, WA 98516.

Busch G. 2012. *Bioenergy from organic waste*. DAAD Seminar Paper, HoChiMinh City, 29-3-2012.

Cty CP Việt Nam. 2012. *Hệ thống biogas KPI phủ bạt HDPE*.

Duong Nguyen Khang and Le Minh Tuan.2002. *Transferring the low cost plastic film biodigester technology to farmers.* Proceedings Biodigester Workshop March 2002. University of Agriculture and Forestry, Ho Chi Minh City, Viet Nam. http://www.mekarn.org/procbiod/khang2.htm

FAO. 1990. *Product processing and waste management* (Chapter 6). http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/004/Y0500E/y0500e07.htm

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1996. *Biogas technology: a training manual for extension*. Consolidated Management Services Nepal Ltd.

Findeisen C. 2014. *Biogas- Trends in Germany*. German Biogas Association

FNR (German Agency for Renewable Resources). 2014. *Bioenergy in Germany: Facts and figures*. < www.international.fnr.de >

Ghafoori E and P.Flynn. 2006. *Optimum Sizing for Anaerobic Digestion.* University of Alberta.

Khandelwal K.C & S.S. Mahdi. 1986. *Biogas technology: A practical handbook*. Tata McGraw-Hill Publ. Co., New Delhi.

Kitani O., T. Jungbluth, R.M. Peart, A. Ramdani (Eds). 1999. *Energy and Biomass Engineering.* (Volume V of CIGR Handbook in Agricultural Engineering). Am. Soc. Agr. Engineers.

Kossmann W. U. Pönitz, S. Habermehl. *Biogas Basics*. 2003. GTZ Information and Advisory Service on Appropriate Technology

Li Xiujin. 2013. *Biogas Production in China: current status and future development*. Beijing University of Chemical Technology

Maramba, F. D.Sr. 1978. *Biogas and waste recycling: The Philippine experience*. Liberty Flour Mills, Inc., Metro Manila, Philippines

Marchaim U.. 1992. *Biogas processes for sustainable development*. FAO Publication <http://www.fao.org/docrep/T0541E/T0541E00.HTM >

Nguyen Dinh Tuan, Nguyen T.T.Thuy. 2007. *The status of solid waste management and disposal in HoChiMinh City: Opprtunities for 3R implemetation action*. HCMC Environmental Protection Agency..

Nguyễn Quang Khải. 2008. *Thiết bị khí sinh học KT31*. Nxb Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.

Nguyễn Văn Tuấn và Đào Công Huy. 2008. *Thiết kế, chế tạo, khảo nghiệm buồng hòa trộn bi-ô-ga cho động cơ.* Luận văn tốt nghiệp, Khoa Cơ khí Đại học Nông Lâm TP.HCM.

Petersson A., A. Wellinger. 2009. *Biogas upgrading technologies – Development and innovations*. IEA Bionergy Task 37 Publications <www.iea.biogas.net >

Plöchl M. and M. Heiermann. 2006. *Biogas Farming in Central and Northern Europe: A Strategy for Developing Countries?*. Agr.Eng.International CIGR Ejournal. No. 8. Vol. VIII. March, 2006

REN21 Renewable Energy Policy Network. 2005. *Energy for Development: The Potential Role of Renewable Energy in Meeting the Millennium Development Goals*. Washington, DC:Worldwatch Institute.

Rutz, D. (Editor). 2015. *Sustainable heat use of biogas plants*: *a Handbook*. 2nd edition. WIP Renewable Energies, Munich, Germany.

UNEP (United Nation Environmental Programme). 1981. *Biogas fertilizer system: Technical report on a training in China.* UNEP, Nairobi.

Võ Đình Diệp , Nguyễn Thiện Tống. 1984. *Khoa học kỹ thuật phục vụ nông thôn: Năng lượng.* Nxb TP Hồ Chí Minh.

Washiruki. 2003. *Guide to biogas*. Chanjale Youth Vocational Training Center, Mwanga, Tanzania

Xia Zuzhang. 2013. *Domestic biogas in a changing China: Can biogas still meet the energy needs of China's rural households?* International Institute for Environment and Development, London.

(trang trắng)...

11 Thủy năng và thủy điện cực nhỏ

11.1 DẪN NHẬP VỀ THỦY ĐIỆN 356

11.2 LÝ THUYẾT VỀ THỦY ĐIỆN CỰC NHỎ (SƠ LƯỢC)..... 357

11.2.1 Bố trí chung 357

11.2.2 Công suất của thủy điện..... 357

11.2.3 Tua-bin..... 359

11.3 TUA-BIN THỦY ĐIỆN 360

11.3.1 Tua-bin loại xung kích..... 360

11.3.2 Tua-bin loại phản kích 362

11.3.3 Hiệu suất tua-bin..... 364

11.3.4 Các vấn đề thiết kế tua-bin 365

11.3.5 Các bộ phận khác của hệ thống thủy điện cực nhỏ..... 366

11.4 THỦY ĐIỆN "CỰC NHỎ" Ở VIỆT NAM..... 366

11.5 KINH TẾ CỦA THỦY ĐIỆN "CỰC NHỎ"..... 367

11.6 THỦY ĐIỆN LỚN 368

11.7 THỦY ĐIỆN ĐỂ TRỮ NĂNG LƯỢNG GIÓ VÀ MẶT TRỜI370

11.8 TÓM TẮT VỀ THỦY ĐIỆN..... 370

11.9 THỦY NĂNG: DÙNG NƯỚC BƠM NƯỚC 371

11.9.1 Bơm va..... 371

11.9.2 Bơm thủy luân (bơm nước bằng sức nước) 372

11.10 THỦY ĐIỆN, THỦY NĂNG VÀ NÔNG NGHIỆP..... 373

11.11 TÀI LIỆU THAM KHẢO..... 374

Sử dụng năng lượng của dòng nước chảy có ***hai dạng***: biến năng lượng dòng chảy thành điện (thủy điện), và dùng dòng nước chảy để bơm nước.

11.1 DẪN NHẬP VỀ THỦY ĐIỆN

Toàn thế giới, thủy điện (*hydropower*) chiếm khoảng 1/4 công suất phát điện, khoảng 630 GW (630 000 MW) vào năm 2008 (trong đó có 85 GW thủy điện nhỏ) và 1000 GW vào năm 2013 (REN 21, 2015).

Việt Nam với hơn 50% diện tích ở vùng có độ cao hơn 500 m, với hơn 2000 sông suối có tổng chiều dài 200 000 km, nên tiềm năng thủy điện khá lớn (Mục 11.6).

Phân loại thủy điện theo cỡ công suất, dù chưa thống nhất lắm. Tạm tổng hợp theo đa số tài liệu (Paish 2002; ESHA 2004).

Tiếng Anh	Tiếng Việt	Cỡ công suất
Pico (hydropower)	Thủy điện pico, siêu nhỏ	< 5 kW
Micro	Thủy điện micro, cực nhỏ	< 100 kW
Mini	Thủy điện mini	100– 1000 kW (**1 MW**)
Small	Thủy điện nhỏ (Canada và Trung Quốc)	1 MW– 10 MW (1- 25 MW)
Medium	Thủy điện vừa	10– 100 MW
Large	Thủy điện lớn	> 100 MW

Các số thống kê về thủy điện "nhỏ", thường bao gồm từ nhỏ trở xuống đến siêu nhỏ.

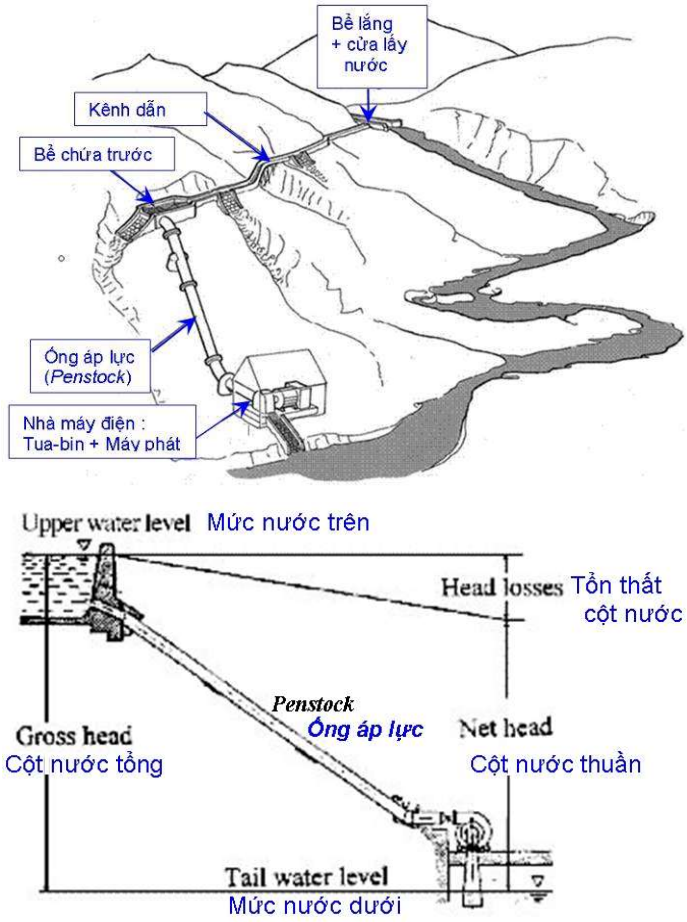
Như vậy, "nhỏ" của thủy điện cũng bằng "lớn" so với năng lượng gió hoặc mặt trời. Trong ***bài này***, để cho gọn, tạm gộp thủy điện ***dưới 200 kW*** với tên chung là ***thủy điện "cực nhỏ"*** (trong ngoặc kép) và chỉ quan tâm đến cỡ thủy điện này. Thủy điện lớn, cũng như các nhà máy nhiệt điện lớn, là chuyện "đại sự" của ngành điện và năng lượng.

Thủy điện "cực nhỏ" có nhiều nhất ở Trung Quốc; năm 1992 đã có 100 000 thủy điện cực nhỏ và siêu nhỏ, tổng công suất 170 MW. Đến 2008, trong số 85 MW thủy điện nhỏ (trở xuống) của toàn thế giới, Trung Quốc chiếm 65 GW, bỏ xa Nhật thứ hai với 3,5 GW, Mỹ 3 GW, và Ấn Độ 2 GW (REN21 2015).

11.2 LÝ THUYẾT VỀ THỦY ĐIỆN CỰC NHỎ (SƠ LƯỢC)

11.2.1 Bố trí chung

Bố trí chung như Hình 11.1. Thủy điện lớn phải xây đập chắn, thủy điện siêu nhỏ không cần đập chắn, vì chỉ sử dụng một phần nhỏ của lưu lượng dòng chảy.



Hình 11.1. Sơ đồ bố trí và các thuật ngữ về thủy điện (Inversin 1986)

Công suất của thủy điện

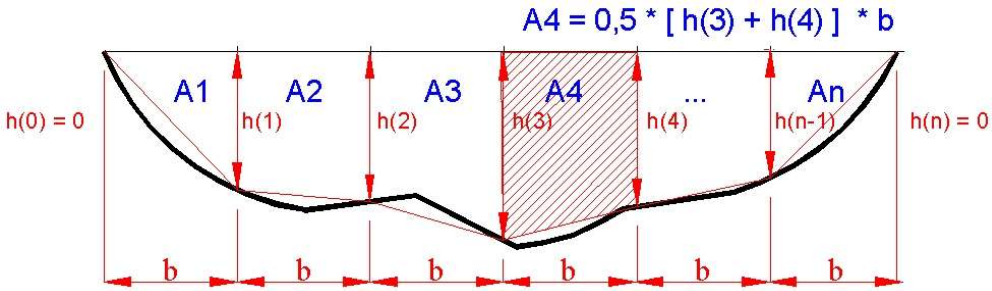
Công suất thủy điện tính theo công thức:

$$P_{(kW)} = 9{,}81 * Q * H * \eta \quad .$$

với: Q = lưu lượng vào tua-bin, m^3/s; H = cột nước, m; η = hiệu suất.

- ***Lưu lượng*** ***Q*** [m^3 /s]

Đo bằng các dụng cụ chuyên dùng đo lưu lượng hoặc tốc độ dòng chảy. Ở mức đơn giản với các dòng nước nhỏ, có thể thả cái phao giữa dòng và theo dõi thời gian trôi ứng với một khoảng đường nhất định, từ đó suy ra vận tốc chảy. Vận tốc trung bình bằng vận tốc đo của phao nhân với một hệ số điều chỉnh theo hệ số độ nhám mặt kênh (khoảng 0,6- 0,8). Tiết diện kênh mương được tính bằng cách chia chiều ngang mương thành nhiều đoạn bằng nhau, đo độ sâu tại mỗi vị trí và tính diện tích hình thang của mỗi đoạn (Hình 11.2). Lưu lượng bằng tích số của vận tốc và tiết diện (ESHA 2004).



Hình 11.2. Đo và tính tiết diện kênh mương $A = \sum_{i=1}^{n} A_i$

Đơn giản hơn nữa với dòng nhỏ, cho chảy vào một thùng phuy (biết thể tích) và bấm đồng hồ giây đến khi đầy thùng. Để chính xác cỡ 5%, thời gian hứng phải hơn 10 giây, nghĩa là lưu lượng không hơn 20 lít/giây hay 8 m^3/giờ; nếu hơn, phải dùng nhiều thùng.

Dù đo cách chính qui hay đơn giản, quan trọng nhất là phải theo dõi ít nhất trong một năm. Lý do: chọn tua-bin phát điện có thể theo lưu lượng luôn luôn bảo đảm trong năm, hoặc theo chỉ một phần thời gian theo lưu lượng tối đa của tua-bin. Tua-bin nhỏ quá thì phí nguồn nước, lớn quá thì lãng phí thiết bị.

- ***Cột nước (Thủy đầu, head)*** ***H*** [m]

Đây là chỉ tiêu *quan trọng nhất* ảnh hưởng đến sản lượng điện phát ra. Cách phân loại cũng tương đối: Cao nếu hơn 100 m; Trung bình 10- 100 m; Thấp nếu dưới 10 m (dưới 1 m có thể gọi là rất thấp?).

- ***Số liệu về lũ*** (lưu lượng và cột nước) là các trị số tối đa.

- ***Hiệu suất η*** chuyển đổi từ thủy năng thành điện năng, theo công thức lý thuyết $P = 9{,}81\ Q\ H$. Số liệu tổng hợp, với thủy điện lớn $\eta = 0{,}8$; thủy điện cực nhỏ $\eta = 0{,}5 = 50\%$.

- ***Hiệu suất thời gian và lượng điện thực tế***

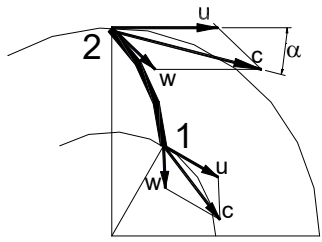
Trong một năm 365 ngày hay 8760 giờ, nếu luôn luôn bảo đảm lưu lượng thiết kế, tua-bin chạy toàn tải 100% (lý thuyết) công suất 1 kW sản xuất được 8760 kWh/ năm. Thực tế với thủy điện lớn, lưu lượng thay đổi tùy mùa khô hay mùa mưa, nên tua-bin chỉ chạy với tải trung bình 40%, vậy 1 kW sản xuất được 8760 * 0,4 = 3500 kWh/năm. Điều này tương đương với tua-bin chạy toàn tải mỗi năm 3500 giờ. Vậy:

$$E_{\text{năm (kWh)}} = P_{\text{(kW)}} * 3500_{\text{(h)}}$$

11.2.3 Tua-bin

Tua-bin (tuốc-bin, tiếng Anh: *turbine*) là bộ phận quay chuyển đổi thủy năng thành cơ năng. Lý thuyết cánh tua-bin dựa trên phương trình Euler cơ bản (Hình 11.3):

$$\vec{c} = \vec{u} + \vec{w}$$



Hình 11.3: Lực tác dụng trên cánh tua-bin

với:

$\vec{c}$ = vận tốc tuyệt đối của cánh, m/s
$\vec{u}$ = vận tốc tiếp tuyến cánh, m/s
$\vec{w}$ = vận tốc tương đối theo cánh, m/s
α = góc giữa $\vec{u}$ và $\vec{c}$

Gọi:

Q = lưu lượng khối, kg/s. Ω = tốc độ quay, rad/s.
g = gia tốc trọng trường . R = bán kính, m.

Moment quay turbin $M_{\text{(N m)}} = Q\ (R_2\, c_2 \cos\alpha_2 - R_1\, c_1 \cos\alpha_1)$

Cân đối năng lượng: $M\,\Omega = H\,Q\,g$ và $H = (1/g)\,(c_1 \cos\alpha_1 - c_2 \cos\alpha_2)$. Đây là độ cao bơm có thể phát huy được (Elliot 1981).

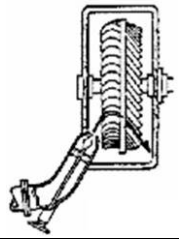
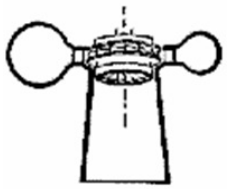
11.3 TUA-BIN THỦY ĐIỆN

Tua-bin được phân thành hai loại (Hình 11.4):

Xung kích (Impulse): Không ngập trong nước,

Phản kích (Reaction): Ngập trong nước.

Trong mỗi loại có nhiều dạng thiết kế để sử dụng phù hợp với cột nước *H*.

Loại tua-bin	Cột nước *H*		
	Cao, > 100 m	Vừa, 10- 100 m	Thấp, < 10 m
Xung kích	Pelton	Turgo 	Dòng ngang
Phản kích	Francis 	Francis	Kaplan

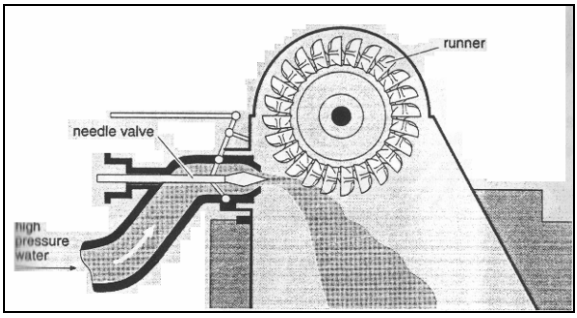
Hình 11. 4. Phân loại các tua-bin thủy điện (Schnitzer 1999)

11.3.1 Tua-bin loại xung kích

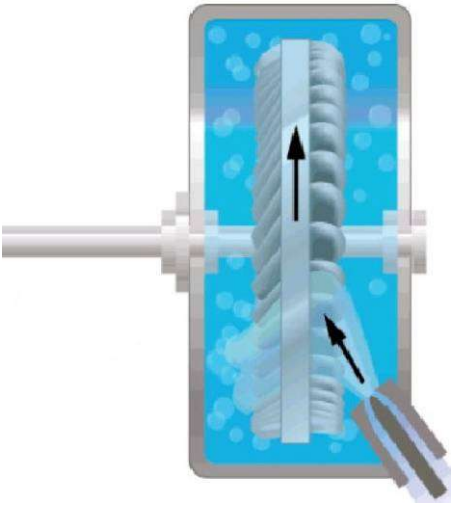
Tua-bin loại xung kích (*impulse)* bin quay nhờ dòng nước phun vào cánh tua-bin. Thường áp dụng với với cột nước hơn 100 m, để đủ thế năng chuyển thành động năng của dòng nước. Cánh tua-bin dạng gàu hứng (gáo), với nhiều cách bố trí khác nhau:

- Tua-bin gáo Pelton (*Pelton wheel*) (Hình 11.5)
- Tua-bin gáo Turgo (*Turgo wheel*) (Hình 11.6)
- Tua-bin cánh dòng ngang (*Crossflow wheel*) (Hình 11.7)

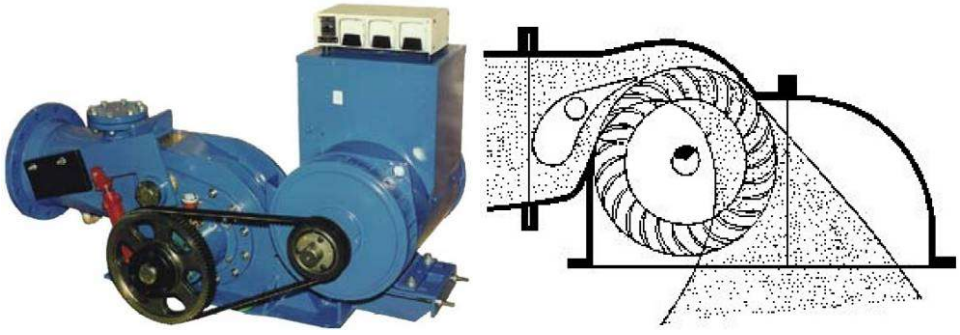
Dạng cánh dòng ngang thích ứng với cột nước thấp, nhưng lưu lượng cần lớn (Hình 11.4)



Hình 11.5. Tua-bin gáo Pelton



Hình 11.6. Tua-bin gáo Turgo. (Nguồn: New 2004)



Hình 11.7: Tua-bin dòng ngang. (Nguồn:: New 2004)

Các đặc điểm thiết kế của tua-bin xung kích:

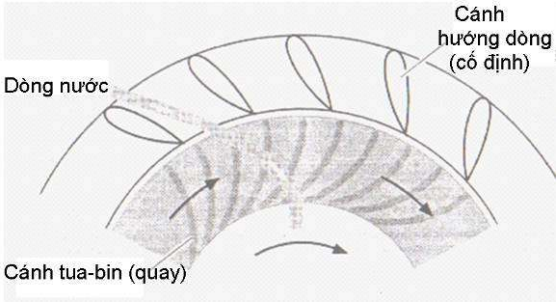
- Tính đường kính tia D_{jet} cho công suất cao nhất (xem: vận tốc riêng).
- Đường kính guồng $D_{guồng}$ để 2 gáo liên tiếp không cản nhau.
- Thực tế: $D_{jet} / D_{guồng} = 0{,}04 – 0{,}10$.
- Tốc độ sao cho: Tốc độ gáo ≈ ½ tốc độ dòng nước.

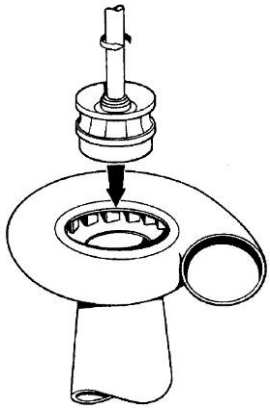
11.3.2 Tua-bin loại phản kích

Phản kích (*reaction*) nghĩa là áp lực dòng nước tạo phản lực trên cánh làm tua-bin quay. Có 2 dạng:

a) Tua-bin Francis

Thích ứng với nhiều cỡ thủy đầu 2– 200 m. (Hình 11.8) Hoạt động theo quá trình nghịch với bơm ly tâm.

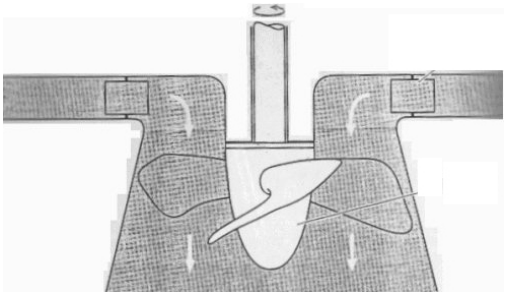




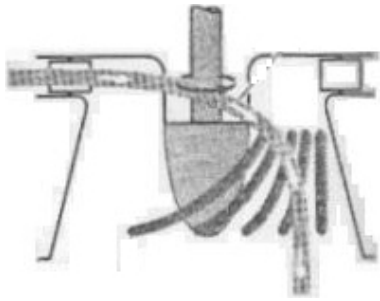
Hình 11.8. Tua-bin Francis

b) Tua-bin Kaplan.

Hoạt động theo quá trình nghịch với bơm hướng trục (*axial*). Thích hợp với thủy đầu thấp. Thủy điện siêu nhỏ ở Trung Quốc và Việt Nam thường theo dạng này (Hình 11.9 và 11.10). Một số mẫu cũ của Trung Quốc dùng rô to bằng gỗ thông chịu nước.



Hình 11.9. Tua-bin Kaplan



Nguồn: Boyle 1996

Đường kính D (m) của tua-bin được chọn theo lưu lượng Q (m^3/s) và thủy đầu H (m) theo công thức (CCNĐTQ 1964):

$$D = \left(5{,}2 * \frac{Q^3}{H} \right)^{\frac{1}{7}}$$

Hình 11.10. Tua-bin thủy điện siêu nhỏ 0,2 kW
(Photo: P.H.Hiền)

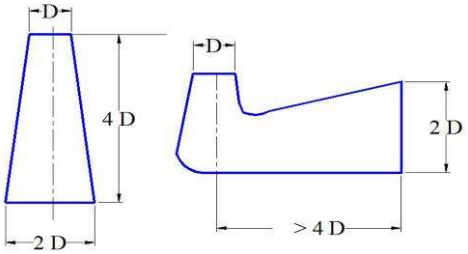
Cửa vào (Intake) của tua-bin Kaplan phải đáp ứng các yêu cầu sau:

- Chống xoáy ngược (*vorticity*), để giảm tổn thất năng lượng,
- Chắn rác, để tránh nghẹt ống vào, rất quan trọng!

♦Rẽ hướng dòng chảy, nếu cần.

♦ Điều chỉnh lưu lượng vào.

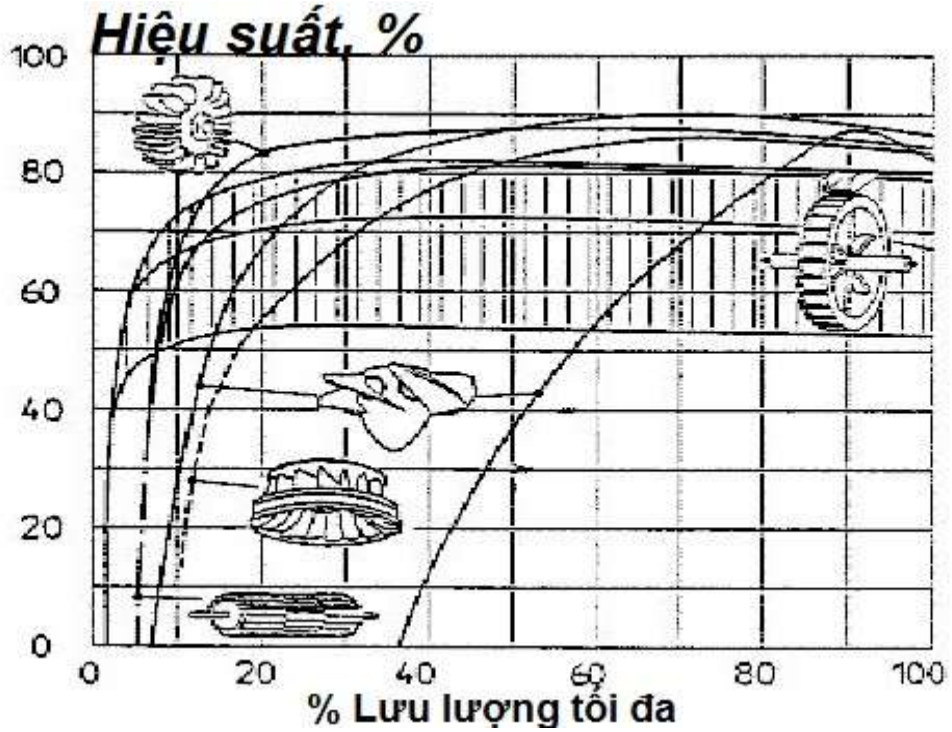
Ống ra (Draft tube) của tua-bin có dạng loe ra (Hình 11.11) để giảm động năng dòng chảy ra khỏi tua-bin.



Hình 11.11. Kích thước ống ra

11.3.3 Hiệu suất tua-bin

Hiệu suất tua-bin năng lượng thu được so với năng lượng dòng nước chảy qua tua-bin. Hiệu suất thay đổi theo loại tua-bin, và theo lưu lượng qua tua-bin so với lưu lượng tối đa (100%) thiết kế cho tua-bin (Hình 11.12).



Hình 11.12. Hiệu suất tua-bin theo lưu lượng dòng nước (Harvey *et al* 1993)

11.3.4 Các vấn đề thiết kế tua-bin

Có thể thiết kế dựa trên cơ sở đồng dạng.

Vận tốc riêng (*specific speed*) là cơ sở ban đầu chọn loại tua-bin.

$$N_{s_rads} = \Omega \frac{\left(\frac{P}{\rho}\right)^{1/2}}{(g\,H)^{5/4}}$$

với: Ω = vận tốc quay (rad/s); P = công suất (kW); H = thủy đầu (m).

hoặc

$$N_{s_rpm} = n \frac{P^{1/2}}{(H)^{5/4}}$$

với: n = tốc độ quay, vòng/phút (rpm)

Chuyển đổi giữa hai công thức . $N_{s_rpm} = 166\, N_{s_rads}$.

Mỗi loại tua-bin hoạt động với một dải tốc độ riêng phù hợp (Bảng 11.1)

Có thể tìm liên hệ giữa hai tua-bin khác nhau, hoạt động trong các điều kiện dòng chảy và thủy đầu khác nhau, nhờ các công thức đồng dạng sau:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$$

và

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right) \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3$$

Bảng 11.1: Các loại tua-bin và N_{s_rpm}

Francis	70– 500
Kaplan	350– 1000
Pelton	10– 45
Turgo	20– 80
Chảy ngang (cross-flow)	20– 90

Ví dụ: $H_1 = 400$ m; $H_2 = 10$ m; $n_1 = 400$ rpm; $n_2 = 150$ rpm.
Tìm liên hệ D_1/D_2 và Q_1/Q_2.

- Thế vào công thức trên: $\frac{400m}{10m} = \left(\frac{400rpm}{150rpm}\right)^2 \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$

Tính được: $\frac{D_1}{D_2} = 7{,}5$; và $\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{400}{150}\right) (7{,}5)^3 = 112$.

11.3.5 Các bộ phận khác của hệ thống thủy điện cực nhỏ

(a) Bộ điều tốc

Để giữ tốc độ quay của tua-bin không đổi, từ đó ổn định dòng điện phát ra. Trước đây, người ta thay đổi lượng nước vào tua-bin bằng cách đóng, mở van; hoặc thay đổi góc tác dụng của vòi vào các cánh tua-bin.

Hiện nay, dùng bộ điều khiển điện tử (*electronic load controller* ELC) để thay đổi tải, bằng cách tạo tải giả (*dump load*), cho hệ thống luôn luôn hoạt động đầy tải. Cách này đơn giản và tin cậy.

(b) Máy phát điện

Với cỡ thủy điện lớn, thường dùng động cơ đồng bộ (tự kích thích). Với cỡ cực nhỏ, thường dùng động cơ có nam châm vĩnh cửu.

(c) Bình điện

Dùng với cỡ cực nhỏ hoặc siêu nhỏ. Yêu cầu "nhẹ nhàng" hơn so với gió và mặt trời, do ít bị cạn điện, do dòng chảy tuy thay đổi, nhưng không đến độ "ngày có đêm không" như mặt trời. Ngoài ra, có bình điện cho phép hòa với các nguồn năng lượng khác như gió hoặc mặt trời.

(d) Bộ điều tải

Tránh cường độ lớn làm hư thiết bị. Dùng tải giả là các điện trở mắc song song và khởi động khi bình điện nạp quá mức, hoặc cường độ mạch chính lên cao.

(e) Bộ biến đổi điện DC–AC

Có khả năng hòa lưới điện. Mạch điện cũng như hệ thống mặt trời hoặc gió.

11.4 THỦY ĐIỆN "CỰC NHỎ" Ở VIỆT NAM

Từ những năm 1980, thủy điện micro tự phát ở các tỉnh miền núi phía Bắc; ví dụ Hà Giang năm 1992 có 5000 cái (theo Tạp chí HĐKH N^{o}/93). Ở phía Nam, các tỉnh có nhiều thủy điện cực nhỏ là Đồng Nai, Bình Phước, Phú Yên… Ước lượng năm 2007 có:

- Thủy điện cực nhỏ (micro, 5- 100 kW): Tổng công suất ≈ 100 MW.
- Thủy điện siêu nhỏ (pico, 0,2- 5 kW): Tổng công suất ≈ 30 MW, với hơn 100 000 cái.

Thủy điện "cực nhỏ" có những mặt hạn chế và ưu điểm so với thủy điện lớn. Xây dựng 2000 trạm thủy điện 100 kW chỉ đạt 200 MW, chưa bằng 1/10 thủy điện Sơn La, do vậy khó đáp ứng yêu cầu phát triển công nghiệp. Tiềm năng thủy điện "cực nhỏ" của Việt Nam cũng chỉ khoảng 1000 MW (Nguyễn H. Hoạch 2009). Tuy vậy, trạm thủy điện 100 kW vẫn có vài ưu điểm (Đặng Đ. Cung 2005):

+ Thích hợp với các vùng thôn bản xa, phân tán, kéo đường truyền tải dài không lợi.
+ Suất đầu tư nhỏ hơn (500 USD/kW) hoặc tương đương thủy điện lớn (1000 USD/kW).
+ Thời gian xây dựng nhanh (dưới 1 năm), thủy điện lớn cần 7-10 năm mới hoàn thành.
+ Vì vậy, khai thác đồng vốn nhanh, mau hoàn vốn để xây dựng tiếp, bớt vay nợ.
+ Nếu trục trặc kỹ thuật, chỉ ảnh hưởng cục bộ, không ảnh hưởng toàn bộ như thủy điện lớn.
+ Đặc biệt, nếu trục trặc do chiến tranh, cũng không ảnh hưởng toàn bộ lưới điện.
+ Ảnh hưởng không đáng kể đến môi trường. Một đập vỡ chỉ ảnh hưởng ngập một diện tích nhỏ; không thể cả ngàn đập vỡ cùng lúc.
+ Công nghệ hoàn toàn trong tầm tay của Việt Nam. Chỉ cần tập hợp thành một Công ty chuyên sản xuất thiết bị và xây dựng thủy điện cực nhỏ.

Khi đặt mục tiêu là khai thác thủy điện "cực nhỏ" thì tiềm năng có thể lớn hơn số 1000 MW ở trên.

11.5 KINH TẾ CỦA THỦY ĐIỆN "CỰC NHỎ"

Đầu tư thủy điện ở Mỹ vào những năm 1980 là 500– 1000 USD /kW, trong đó thiết bị cơ điện chiếm 30%.

Ở Nepal và Peru, điều tra mẫu 63 thủy điện từ 3 đến 100 kW cho thấy:

Tuổi thọ: 30 – 40 năm.

Giá: 800 – 1000 USD/kW (cột nước càng thấp, phí tổn càng cao).

chia ra:	Xây dựng:	25– 50 %
	Cơ điện:	30– 40 %
	Đường dây:	10– 30 %
	Vận hành và bảo trì:	3– 8 %

11.6 THỦY ĐIỆN LỚN

Thế giới: Năm 2013 có 1000 GW thủy điện, với 7 quốc gia chiếm hết 62% tổng công suất: Trung Quốc 260 GW, Brazil 86 GW, Mỹ 78 GW, Canada 76 GW, Nga 47 GW, Ấn Độ 44 GW, và Na Uy 29 GW (RÉN 2015).

Chi phí sản xuất từ thủy điện là rẻ nhất. Ở Mỹ năm 1996, giá sản xuất 1 kWh với thủy điện là 0,0085 USD, chỉ bằng một nửa so với điện hạt nhân hoặc điện than đá, bằng ¼ so với điện khí.

Việt Nam: Phát triển thủy điện có thể phân ra hai thời kỳ:

● **Trước 1975** thủy điện Đa Nhim (160 MW) ở miền Nam và Thác Bà (108 MW) ở miền Bắc đều bị hư hỏng do chiến tranh, sau 1975 mới khôi phục lại.

● **Sau 1975** đánh dấu với "công trình thần tốc" thủy điện Trị An (công suất 400 MW, hoàn thành 1989), và "công trình thế kỷ" thủy điện Hòa Bình (1920 MW, 1994), cùng với nhiều công trình thủy điện khác: Yaly (720 MW, 2001), Thác Mơ (150 MW, 1994), Sê-San-3 (260 MW, 2007), Tuyên Quang (340 MW, 2008), A Vương (210 MW, 2008)… Lớn nhất là thủy điện Sơn La (2400 MW) hoàn thành vào cuối năm 2012. Thủy điện Việt Nam chủ yếu nhờ ba con sông là Sông Đà, Đồng Nai và Sê San. Song song, hàng trăm thủy điện nhỏ công suất dưới 30 MW được lắp đặt, đóng góp 10% sản lượng thủy điện.

Năm 2013, công suất thuỷ điện đạt 14,2 GW, sản xuất 58,6 TWh (tỷ kWh), chiếm 45,8% tổng sản lượng điện cả nước. So với chỉ 2,1 GW năm 1992, và 4,6 GW năm 2008, đây là bước phát triển lớn (EVN 2014).

Tiềm năng kinh tế kỹ thuật của thủy điện được đánh giá tối đa 20 GW và 75 TWh, ước lượng sẽ được khai thác hết "hoàn thành sứ mạng" vào khoảng 2020. Dự báo đến 2025, tỷ lệ thủy điện chỉ còn dưới 25%,

Để hình dung qui mô của thủy điện lớn, xem Bảng 11.2 với hai công trình.

Thủy điện lớn ở Việt Nam là ***thành tựu hàng đầu của nền kinh tế***, hàm chứa trí tuệ, công sức, mồ hôi, và cả hy sinh tính mạng, của những kỹ sư và công nhân, gian khổ trong hàng chục năm cho đất nước.

Cũng lưu ý về vấn đề ***thủy điện lớn và môi trường***. Tuy là nguồn năng lượng tái tạo, nhưng việc xây dựng các đập thủy điện lớn cũng có những vấn đề môi trường liên quan. Để có 1 MW thủy điện, cần 10-20 ha (làm lòng hồ, đường đi, công trình liên quan), và ở vùng cao đồng nghĩa với phá

10-20 ha rừng. Vấn đề thời sự năm 2011 của hơn 100 ha rừng của Vườn quốc gia Cát Tiên cho thủy điện, là cảnh tỉnh việc xem xét nghiêm túc cho hơn 300 dự án thủy điện ở Tây Nguyên hiện nay. Rừng có giá trị của cây rừng, ví dụ 10 triệu đồng/ha mỗi năm. Vậy đầu tư 1 MW khoảng 20 tỷ đồng, lấy lại vốn sau 20 năm, cần tính chi phí của cây rừng mất đi trong thời gian này, khoảng 2-4 tỷ đồng.

Bảng 11.2. Các số liệu của hai công trình thủy điện lớn ở Việt Nam

Thông số / Dữ liệu	Sơn La	A Vương
Công suất lắp đặt	2400 MW (6 máy x 400 MW)	210 MW (2 máy x 105 MW)
Sản lượng điện hàng năm	9,5 tỷ kWh	0,81 tỷ kWh
Cột nước (thủy đầu)		300 m (270-320 m)
Chiều cao đập	138 m	80 m
Chiều dài đập	962 m	228 m
Diện tích hồ chứa	224 km^2	9 km^2
Dung tích hồ chứa	9,3 tỷ m^3	344 triệu m^3
Khởi công – Hoàn thành	2006- 2012	2003- 2008
Tổng vốn đầu tư	≈ 42 000 tỷ đồng (≈ 2 tỷ USD)	-
Hộ dân phải di chuyển	18 000 hộ	-
Ghi chú: Hồ chứa nước		
m^3 / kWh điện	0,98 (*gấp 2,3 lần so với A Vương*)	0,42
m^3 / kW công suất	3870 (*gấp 2,4 lần so với A Vương*)	1640

Mâu thuẫn giữa giữ rừng để giữ nước và phá rừng để làm lòng hồ trữ nước bộc lộ gay gắt ở miền Trung và Tây Nguyên. Lấy lý do sông ngắn và dốc, lưu vực hẹp, nên không xây dựng các hồ có sức chứa lớn (EVN 2014) thì hệ quả là khó chống lũ vào mùa mưa và chống hạn hán vào mùa khô. Những biện pháp "*quản lý, vận hành, điều tiết...*" không thể nào có kết quả triệt để được; thực tế các năm vừa qua, Duyên hải miền Trung liên miên hết lũ lại nắng hạn, trong lúc hàng chục thủy điện có mặt, đã phần nào nói lên được mặt trái của "đứa em út" thủy điện.

11.7 THỦY ĐIỆN ĐỂ TRỮ NĂNG LƯỢNG GIÓ VÀ MẶT TRỜI

Gió và mặt trời là hai nguồn năng lượng tái tạo phát triển nhanh nhất với công nghệ tiên tiến trong thời gian qua, nhưng lại là "năng lượng biến thiên" nghĩa là "khi có khi không", ví dụ ban đêm không thể thu năng lượng mặt trời; gió 13 m/s thì năng lượng gấp 30 so với gió nhẹ 4 m/s. Hòa vào lưới điện chung phải "khử" được tính biến thiên này, nghĩa là phải lưu trữ được. Với cỡ 1 kW, ta có thể dùng vài bình ac-quy, nhưng với 100 kW cả ngàn bình acquy thì không kinh tế. Vì vậy đa số dùng thủy năng và thủy điện để trữ năng lượng (CPL Hong-Kong 2010). Hệ thống có 2 hồ chứa, hồ trên và hồ dưới (Hình 11.13). Khi dư điện (hoặc lúc nhu cầu sử dụng ít), dùng điện bơm nước từ hồ dưới lên hồ trên. Khi thiếu điện (do ban đêm không thu từ mặt trời, hoặc giờ cao điểm tiêu thụ điện), cho nước từ hồ trên phát thủy điện và xã vào hồ dưới. Và lặp lại chu kỳ.

Hình 11.13. Tích nước để phát điện

11.8 TÓM TẮT VỀ THỦY ĐIỆN

So với các nguồn năng lượng tái tạo khác, thủy điện có các đặc thù sau:

- Kỹ thuật đa ngành và đã xác lập rõ;
- Kỹ thuật dễ tiên lượng hơn so với điện gió và mặt trời;
- Đầu tư lấy lại vốn ít rủi ro, có thể lãi 8% /năm;
- Cần quan tâm đến môi trường: thủy văn, sinh thái, xã hội, đặc biệt với thủy điện lớn.

11.9 THỦY NĂNG: DÙNG NƯỚC BƠM NƯỚC

11.9.1 Bơm va

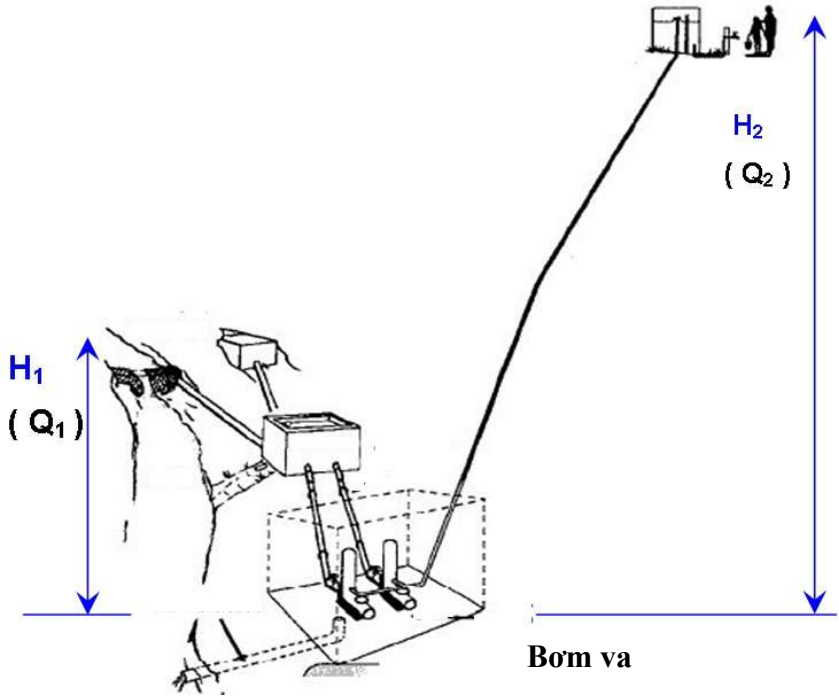
Bơm va (*hydraulic ram*) hoạt động theo nguyên tắc va đập của dòng nước chảy. Bố trí như Hình 11.14. Dòng nước với lưu lượng Q_1 chảy với cột nước H_1 đến bơm va. Bơm lấy được lượng nước Q_2 (nhỏ hơn Q_1) và đẩy lên độ cao H_2. Ví dụ: $Q_1 = 20$ L/phút, $H_1 = 4$ m
$Q_2 = 1{,}0$ L/phút, $H_2 = 30$ m

Thông thường, tỷ số $H_2 / H_1 = 6\text{-}10$ (khoảng có thể 2- 20) nghĩa là nước được đẩy cao nhiều lần so với cột nước ban đầu.

Hiệu suất của bơm va $\eta = (Q_2 / Q_1)\,(H_2 / H_1)$.

Với ví dụ trên $\eta = (1 / 20) * (30 / 4) = 0{,}375 = 37{,}5\%$.

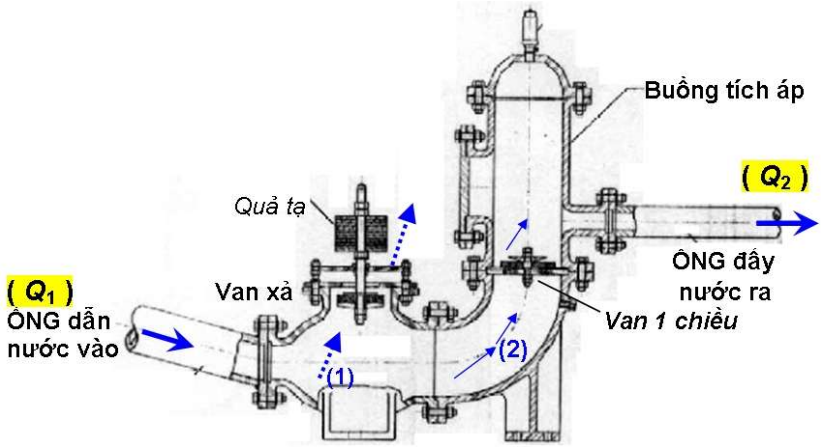
Hiệu suất thay đổi trong khoảng 30 -- 70% tùy độ cao bơm



Hình 11.14. Bố trí bơm va

Mô tả các bước của một chu kỳ bơm va như ở Hình 10.15. Nước chảy vào *ống dẫn* (lưu lượng Q_1) và thoát qua *van xả* ((mũi tên 1) Dưới cột áp H_1

nước chảy mạnh dần, lực tác dụng vào van xả tăng dần, đến khi thắng được sức nặng *quả tạ* thì đóng van xả đột ngột (gọi là "nước va đập", *water hammer*). Do tức nước vì áp suất đột ngột tăng, nước tràn khỏi van một chiều (mũi tên 2) vào *buồng tích áp* và thoát ra *ống đẩy* với áp suất (cột nước H_2). Bây giờ, dưới van xả, áp suất giảm trở lại như lúc đầu, quả tạ mở van xả. Chu kỳ lặp lại khoảng 20- 80 lần mỗi phút, tùy lưu lượng dòng chảy.



Hình 11.15. Sơ đồ bơm va

Ưu điểm của bơm va là không có bộ phận di động nên vận hành dễ dàng, ít chăm sóc, không tốn nhiên liệu. Dĩ nhiên cần có dòng chảy với độ cao khởi đầu, để có thể bơm lên cao hơn. Các vùng miền núi Việt Nam có ưu thế này. Viện Khoa học Thủy lợi đã chế tạo và phổ biến hơn 30 trạm ở vùng núi phía Bắc.

11.9.2 Bơm thủy luân (bơm nước bằng sức nước)

Bơm thủy luân là cặp ghép của tua-bin hướng trục và bơm ly tâm trên cùng một trục (Hình 11.16 và 11.17), dùng năng lượng dòng nước để đưa nước lên cao, để lấy nước sinh hoạt hoặc ruộng vườn ở cao hơn dòng nước chảy.

Bơm đặt ngập dưới nước; nước chảy qua tua bin làm quay tua bin và bơm ly tâm, và đưa nước lên cao. Cột nước làm việc của tua-bin từ 1– 4 m; nước được đẩy lên cao theo chiều thẳng đứng khoảng 20- 50 m và có thể tưới được tới vài chục hecta (Hoàng V. Thắng 2007).

Tốc độ tua-bin có thể đến 2000 vòng/phút. Do đặt ngập dưới nước, thiết kế bơm cần lưu ý đến vấn đề cát và bùn vào bạc đạn.

Hình 11.16. Bơm thủy luân 1 cấp

Hình 11.17. Bơm thủy luân 2 cấp, lắp đặt ở Lạng Sơn
(Nguồn: Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam)

11.10 THỦY ĐIỆN, THỦY NĂNG VÀ NÔNG NGHIỆP

Dễ thấy tính cạnh tranh hoặc không bổ sung nhau giữa thủy điện và nước tưới, nhất là ở xứ nhiệt đới: mùa khô cần nước tưới thì thủy điện tích nước, mùa mưa cây trồng đủ nước thì thủy điện xả nước gây ngập lụt (Mesbah et al 2013).

Thủy điện làm ra điện, cũng cung cấp năng lượng cho nông nghiệp, nhưng phát triển thủy điện phải cân đối với nhu cầu số 1 của trồng trọt là cấp nước. Kế hoạch phát triển thủy điện cần được nghiên cứu liên ngành, đánh giá tổng thể nguồn tài nguyên nước cho năng lượng và cho tưới tiêu, cân đối giữa các yêu cầu trái ngược nhau. Lịch trình vận hành tích nước hay xả nước cũng cần phối hợp giữa các trạm thủy điện và ngành nông nghiệp địa phương.

Với sự biến đổi khí hậu toàn cầu, tài nguyên nước cho nông nghiệp càng giảm bớt, vì vậy qui hoạch thủy điện càng phải tổng thể và chi tiết hơn, với nhiều kịch bản khác nhau tiên lượng ảnh hưởng của biến đổi khí hậu.

Việt Nam có tài nguyên thủy điện dồi dào nhờ vùng núi cao ở phía Bắc và Tây Nguyên, mà kinh tế ở đó kém phát triển. Vấn đề là giữ và phát triển nguồn năng lượng này cho địa phương. Có lẽ ưu tiên nhất là giữ và phát triển cây ***rừng*** để bảo tồn nguồn nước cho thủy điện và nông nghiệp. Nhất thiết không khoan nhượng về việc này, như ngụ ý trong câu thơ "Rừng điêu tàn là Tổ quốc suy vong".

11.11 TÀI LIỆU THAM KHẢO

Boyle G. (Ed.). 1996. *Renewable energy: Power for a sustainable future*. Oxford University Press, Oxford, U.K.

CLP Power Hong Kong. 2010. *Guangzhou Pumped Storage Power Station*. https://www.clp.com.hk/ouroperations/power/guangzhoupumpedstoragepowerstation/Pages/guangzhoupumpedstoragepowerstation.aspx

CCNĐTQ (Cục Công nghiệp Điện Trung Quốc). 1964. *Trạm thủy điện nông thôn* (Bản dịch tiếng Việt, trang 7– 110). Nxb Nông thôn.

Đặng Đình Cung. 2005. *Vi thủy điện, một hướng phát triển công nghệ cho nước ta*. http://vietsciences.free.fr/thuctap_khoahoc/thuctap_vatly/vithuydien.htm

Elliot C.R (Ed.). 1981. *Small hydropower for Asian Rural Development*. Workshop Proceedings, Asian Insitute of Technology, Bangkok.

ESHA (European Small Hydropower Association). 2004. *Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant*. < esha@arcadis.be >

EVN (Tập đoàn Điện lực Việt Nam). 2014. *Thủy điện Việt Nam hoàn thành sứ mệnh lịch sử*. Ấn phẩm Điện lực VN: 60 năm thắp sáng niềm tin. http://www.evn.com.vn/News/Tin-tuc-Hoat-dong/San-xuat-kinh-doanh

Harvey, A. 1993. *Micro-Hydro Design Manual*. IT Publications, London

Hoàng Văn Thắng. 2007. *Phát triển bơm va, bơm thủy luân, thủy điện nhỏ phục vụ nông thôn miền núi*. Trang tin điện tử Hội đập lớn Việt Nam < www.vncold.vn >

Inversin A. R. 1986. *Micro-Hydropower Sourcebook, A Practical Guide to Design and Implementation in Developing Countries*. Washington, DC: NRECA International Foundation

Mesbah M.J., C. Arriola, J. Hansen, and S. MacDonald. 2013. *Cotton and Hydropower in Central Asia: How Resource Competition Affects Trade,* EIB-106, USDA, Economic Research Service.

New D. 2004. *Intro to Hydropower: Systems Overview*. HomePower pp14-18 October & November 2004. <www.homepower.com>

Nguyễn Huy Hoạch. 2009. *Thủy điện Việt Nam- Hiện trạng và kế hoạch phát triển*. Công ty cổ phần Tư vấn xây dựng điện.

Paish O. 2002. *Micro-hydropower: status and prospects*. Proc Instn Mech Engrs Vol 216 Part A: J Power and Energy, pp.31-40.

REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century). 2015 *Renewables 2014 global status report*.

Schnitzer V. 1999. *Hydraulic Energy*. *In*: Kitani O. (Ed.). 1999. *CIGR Handbook in Agricultural Engineering*. Am. Soc. Agr. Engineers.

Lời bạt

Qua tập sách này, có thể thấy được tầm quan trọng của năng lượng trong nông nghiệp, năng lượng cho nông nghiệp, và năng lượng từ nông nghiệp cho công nghiệp và tiêu dùng. Cũng thấy được vị trí của năng lượng không tái tạo và năng lượng tái tạo hiện nay và tương lai trên thế giới.

Về năng lượng tái tạo, tác giả đã dùng nhiều số liệu minh họa ở Đức, nước đứng đầu trong lĩnh vực năng lượng tái tạo ở châu Âu, cũng là nước đông dân (81 triệu người năm 2014, cũng cùng cỡ Việt Nam), và vì bản thân có dịp tiếp cận tìm hiểu về sự phát triển năng lượng tái tạo ở CHLB Đức qua 4 chuyến công tác ngắn hạn (năm 1996, 2004, 2013, 2015). Các chi tiết đã được trình bày trong các chương trước, xin lặp lại một số ý với các số liệu minh họa của điện mặt trời, đã phát triển nhanh ở Đức (từ dưới 0,2% tổng lượng điện năm 2004 đến hơn 6% năm 2014) cho phép rút ra một số kinh nghiệm sau (đối chiếu số liệu năm **2006** và **2013**) [#12.1]:

- Đầu tư lắp đặt PV đã giảm theo số lượng lớn, từ trên 6 USD/Wp xuống còn khoảng 2 USD/Wp.
- Giá mô-đuyn PV cũng giảm, từ hơn 4 USD/Wp xuống còn dưới 1 USD/Wp.
- Qui định giá mua điện mặt trời liên tục giảm, từ 0,5-0,65 USD/kWh (tùy hệ thống) xuống còn 0,13-0,17 USD/kWh,và xu hướng tiếp tục giảm. Trong thời gian này, giá điện gia đình tăng gấp rưỡi từ 0,23 đến 0,35 USD/kWh, điện công nghiệp cũng vậy (tăng từ 0,09 đến 0,14 USD/kWh).

  Tóm tắt, *có kỹ thuật, có phát triển, có làm, thì giá sẽ giảm dần*.

[#12.1] Tỷ giá qui đổi (chỉ để dễ hình dung): 1 Euro = 1,3 USD (năm 2013).

- Trong giá điện 0,35 USD/kWh, chi phí phát điện và truyền tải chiếm 48%, trong lúc chi phí hỗ trợ cho năng lượng tái tạo chiếm 21%. Do đó không lạ gì khi các dạng năng lượng mặt trời, gió, sinh khối của Đức phát triển đứng đầu châu Âu (hiện chiếm 23% trong cơ cấu năng lượng của Đức) và "dám" từ bỏ năng lượng hạt nhân (hiện chỉ chiếm 16% và đang tiếp tục giảm). Quốc hội và dân Đức đã chọn lựa như thế.

  Năng lượng tái tạo, như đứa trẻ mới lớn, cần được nuôi dưỡng và hỗ trợ để trở thành "nhân vật" hữu ích trong tương lai.

- Chi phí nghiên cứu cho năng lượng tái tạo năm 1991 là 250 triệu USD, của tổng nghiên cứu về năng lượng (950 triệu USD) tức là 27% tổng số. Năm 2008, con số này là 350 triệu USD cho năng lượng tái tạo trên tổng số 650 triệu USD, tức là 55%; nghĩa là tăng cả tuyệt đối và tương đối cho năng lượng tái tạo.

  Công nghiệp không thể phát triển nếu thiếu nền tảng nghiên cứu hỗ trợ.

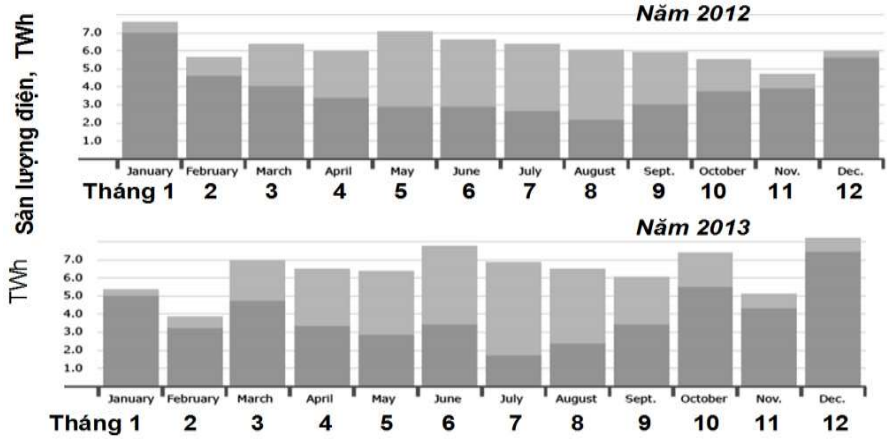
- Các "trạm" điện mặt trời nối lưới tại gia đình được phân bố đều và điều độ với hệ thống điện lưới, nên không gây quá tải cho đường truyền có sẵn. Điều tiết bằng giá mua điện cụ thể *FiT*, qui định bởi luật về năng lượng tái tạo EEG năm 2012 dày gần 100 trang [#12.2]. Mọi việc lắp đặt hay thương thảo mua bán điện đều có sự tham gia của luật sư tư vấn. Vào thời gian đỉnh điểm trong ngày, bộ phận hòa lưới chỉ đưa vào lưới 70% công suất định mức.

  Kỹ thuật phát triển, thì qui định chính sách cũng cần kịp thời, chi tiết, ví dụ hỗ trợ cái gì, khi nào, bao nhiêu… và điều chỉnh lại sau vài năm, nhưng không "hồi tố" với người đã theo qui định cũ.

- Điện mặt trời và điện gió ***bổ sung*** nhau để điều hòa lượng cung cấp điện (Hình 12.1); dự báo thời tiết khá chính xác cho phép tiên đoán số giờ nắng và sản lượng điện mặt trời trong khoảng ±25%. Điện biogas cũng giúp điều hòa lượng cung cấp điện do không phụ thuộc thời tiết.

[#12.2] BMELV (German Federal Minitry of Food, Agriculture, and Consumer Protection) 2012. *The Renewable Energy Sources Act: 2012 Amendement*. Berlin.

Cần xét năng lượng tái tạo như một tổng thể hài hòa, khuyến khích các nhà đầu tư cùng phát triển, không nhất thiết "ưu tiên cái này trước, cái kia hãy chờ".



Hình 12.1. Điện mặt trời và điện gió bổ sung nhau về lượng cung cấp

Nhìn lại Việt Nam, có thể thấy hai điểm chính:

a) Phát triển lĩnh vực năng lượng ở Việt Nam, cần ghi nhận thành tích vượt bậc về phát triển năng lượng điện, đặc biệt là năng lượng thủy điện, thực sự đã phát huy tài nguyên dồi dào này của Việt Nam. Nhưng để giữ vững thành tích này trong tình hình năng lượng dầu và than giảm dần, đặc biệt là từ than đá sẽ phải nhập khẩu, cần thêm các nguồn năng lượng khác. Năng lượng hạt nhân, với tất cả thiết bị và nguyên liệu đều phụ thuộc nước ngoài, không phải là lựa chọn lâu dài; bản thân nguồn này cũng sẽ cạn kiệt. Chỉ còn *các nguồn năng lượng tái tạo* (mặt trời, gió, sinh khối…) *cần có chính sách và nhiều giải pháp hỗ trợ phù hợp để phát triển.*

b) Năng lượng cho nông nghiệp và từ nông nghiệp còn rất khiêm tốn. Không thêm năng lượng cho nông nghiệp, tức là chậm trễ cơ giới hóa, điện khí hóa, và công nghiệp hóa để phục vụ nông nghiệp, thì không thể hiện đại hóa nông nghiệp, cho nông nghiệp đóng vai trò xứng đáng trong nền kinh tế quốc dân, kể cả trở lại cung cấp năng lượng cho công nghiệp và tiêu dùng. Nông nghiệp không phải chỉ là thực phẩm, mà còn là năng lượng, xuất phát từ "người cha vĩ đại" là mặt trời.

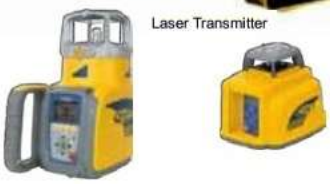
Dù sao, người viết vẫn lạc quan hy vọng rằng, với lĩnh vực năng lượng trong nông nghiệp ở Việt Nam, những điều tốt đẹp sẽ sớm thành hiện thực, trên nguyên tắc "*của (nông) dân, do dân, và vì dân*".

Bìa trong giới thiệu 4 nhà tài trợ, để giảm giá bán sách in còn một nửa...

SAN LASER

Ứng dụng công nghệ tiên tiến trong
Canh tác Nông nghiệp Chính xác (Precision Farming Solutions)

Công nghệ SAN PHẲNG ĐỒNG RUỘNG ỨNG DỤNG KỸ THUẬT LASER Trimble®



Các thiết bị của Trimble ứng dụng kỹ thuật laser để định vị và nâng hạ gàu san, giúp cho mặt ruộng sau khi san có độ phẳng đều với sai số chỉ trong khoảng ±2 cm. Công nghệ này giúp tiết kiệm năng lượng qua việc tiết kiệm nước, phân bón và thuốc bảo vệ thực vật, giống, nhân lực.

IDEALFARM

CTCP NÔNG NGHIỆP LÝ TƯỞNG
Số 13 đường Thủ Khoa Huân
Phường Bến Thành, Quận 1
Thành phố Hồ Chí Minh
Hotline: +84 907420006
ngoc.nguyen@idealfarm.com.vn
www.idealfarm.com.vn

Trimble
Authorized Dealer

© 2013–2015, Trimble Navigation Limited. All rights reserved.

SSC
CTY CỔ PHẦN GIỐNG CÂY TRỒNG MIỀN NAM
SSC - VÌ CUỘC SỐNG CỦA NHÀ NÔNG
SẢN PHẨM CỦA SSC
CHẤT LƯỢNG TỐT
SINH TRƯỞNG MẠNH
THÍCH NGHI RỘNG
NĂNG SUẤT CAO
PHÙ HỢP THỊ HIẾU
Địa chỉ: 282 Lê Văn Sỹ, Phường 1, Quận Tân Bình, TP. Hồ Chí Minh
ĐT: 083.8444633, Fax: 083.9906343, Mail: kinhdoanh@ssc.com.vn,
Web: www.ssc.com.vn

Buivanngo

HỆ THỐNG SẤY HẠT GIÁN TIẾP SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG TRẤU – NĂNG SUẤT 100 TẤN/MẺ

CÔNG TY TNHH CƠ KHÍ CÔNG NÔNG NGHIỆP BÙI VĂN NGỌ
Văn phòng: 743A Hậu Giang, Phường 11, Quận 6, TP. Hồ Chí Minh
Trụ sở: Ấp 5, Xã Đức Hòa Đông, Huyện Đức Hòa, Tỉnh Long An
ĐT: 38766386 - 38776357 - 37550981
Fax: 38752027

BUI VAN NGO INDUSTRIAL & AGRICULTURAL MACHINERY CO., LTD.
Office: 743A Hau Giang Street, Ward 11, District 6, Hochiminh City
Headquarters: Hamlet 5, Duc Hoa Dong Commune, Duc Hoa District, Long An Province
Tel: (84-8) 38766386 - 38776357 - 37550981
Fax: (84-8) 38752027

Dây chuyền xay xát từ lúa ra gạo bóng - Năng suất: 0,8 - 1,5 tấn lúa/giờ
Rice milling line from paddy to polished rice - Capacity: 0.8 - 1.5 ton on paddy/hour

Dây chuyền xay xát từ lúa ra gạo bóng - Năng suất: 12 - 18 tấn lúa/giờ
Rice milling line from paddy to polished rice - Capacity: 12 - 18 ton on paddy/hour

TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP. HỒ CHÍ MINH
TRUNG TÂM NĂNG LƯỢNG VÀ MÁY NÔNG NGHIỆP
Khu phố 6, Phường Linh Trung, Quận Thủ Đức, TP.HCM
ĐT: (+84) 8 3722 0725; Email: ttnl@hcmuaf.edu.vn
Website: www.caem.hcmuaf.edu.vn

Lĩnh vực nghiên cứu và chuyển giao công nghệ phục vụ sản xuất:

a) Năng lượng trong Nông nghiệp, chủ yếu là năng lượng tái tạo;

b) Máy nông nghiệp ngoài đồng và trong chuồng trại;

c) Máy chế biến nông sản và thực phẩm.

Kết quả tiêu biểu:

MÁY SẤY TĨNH ĐẢO CHIỀU KHÔNG KHÍ SẤY (2-20 TẤN/MẺ)

Sấy được nhiều loại nông sản như lúa, bắp, cà phê…, và thủy sản.

Chọn nguồn cấp nhiệt theo phương châm tận dụng các phụ phẩm trong nông nghiệp, hoặc có kết hợp sử dụng hệ thống hỗ trợ nhiệt từ năng lượng mặt trời. Có đến hàng trăm máy đã được chuyển giao, lắp đặt cho hơn 30 tỉnh thành trong nước, và ở một số nước như Philippines, Lào, Tanzania, Bangladesh,...

Máy sấy lúa có hỗ trợ nhiệt từ năng lượng mặt trời

Hệ thống cấp nhiệt tự động dùng nhiên liệu sinh khối

CÔNG NGHỆ SAN PHẲNG ĐỒNG RUỘNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG LASER

Được Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn công nhận là "Tiến bộ khoa học - công nghệ mới", được phép phổ biến trong cả nước. Đã phối hợp với IRRI chuyển giao công nghệ cho Lào, Campuchia, Thái Lan,…

63 - 630
NN - 2015 1/53-2015

NĂNG LƯỢNG TRONG NÔNG NGHIỆP
ISBN: 978-604-60-2011-0
8 935217 213672
Giá: 90.000 đ

\

VIẾT THÊM... 2021...

Xem file đính kèm:

eBook-NangLuongNN(VietThem)PhanHHien.doc