Chương 8

CÁC HỆ THỐNG TỰ NHIÊN VÀ ỨNG DỤNG VI SINH VẬT

TS. Lê Quốc Tuấn
Khoa Môi trường và Tài nguyên
Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

Vai trò các hệ thống tự nhiên

- Trong môi trường tự nhiên, các quá trình vật lý, hóa học, sinh học xảy ra khi nước đất, hệ thực vật, vi sinh vật và khí quyển tương tác với nhau.
- Hệ thống xử lý tự nhiên được thiết kế nhằm tận dụng lợi thế của các quá trình này để cung cấp cho các quá trình xử lý nước thải.
- Các quá trình liên quan trong hệ thống tự nhiên bao gồm nhiều quá trình được sử dụng trong các hệ thống xử lý
  - *Cơ học hoặc bán cơ học: lắng đọng chất nền, lọc, trao đổi khí, hấp thụ,*
  - *Hóa học: Trao đổi ion, kết tủa hóa học, oxy hóa khử, chuyển hóa (conversion) và suy thoái sinh học –*
  - *Sinh học: quang hợp, quang oxy hóa, đồng hóa thực vật.*

Các hệ thống tự nhiên

1. Hệ thống xử lý bằng đất - tốc độ chậm (slow-rate)
2. Rỉ nhanh (rapid infiltration)
3. Chảy tràn bề mặt (overland flow)
4. Hệ thống thủy sinh vật
5. Đất ngập nước tự nhiên (natural wetland) và nhân tạo (constructed wetland)
6. Hệ thống xử lý bằng thực vật thủy sinh (floating aquatic plant).

Tính chất và mục tiêu của hệ thống tự nhiên

Đặc điểm	Tốc độ chậm	Rỉ nhanh	Chảy tràn bề mặt	Đất ngập nước	Thực vật thủy sinh
Điều kiện khí hậu	Cần lưu trữ trong mùa động và suốt thời gian tuyết rơi	Không (có thể vận hành trong mùa đông)	Cần lưu trữ trong mùa động và suốt thời gian tuyết rơi	Có thể không cần lưu trữ trong thời tiết lạnh	Có thể cần lưu trữ trong thời tiết lạnh
Độ sâu đến nước ngầm	0.6 - 1m (ít nhất)	3m (độ sâu ít hơn có thể chấp nhận ở những nơi có hệ thống thoát nước ngầm	Không có vấn đề	Không có vấn đề	Không có vấn đề
Độ dốc	<15% đối với đất trồng trọt, <40% đối với đất rừng	Không thành vấn đề, độ dốc quá mức thì đòi hỏi nhiều công sức hơn.	1 - 8%	Thường <5%	Thường <5%
Độ thấm của đất	Tốc độ trung bình đến nhanh	Nhanh (cát, cát mùn)	Thấp (sét, phù sa và đất với chắn không thấm)	Thấp đến trung bình	Thấp đến trung bình

Đặc điểm vị trí

Tính chất và mục tiêu của hệ thống tự nhiên

Đặc tính	Tốc độ chậm (loại 1)	Tốc độ chậm (loại 2)	Rỉ nhanh	Chảy tràn mặt đất	Đất ngập nước	Thực vật thủy sinh
Kỹ thuật áp dụng	Phun nước hoặc bề mặt	Phun nước hoặc bề mặt	Luôn luôn bề mặt	Phun nước hoặc bề mặt	Phun nước hoặc bề mặt	Bề mặt
Tốc độ tải thủy hàng năm (m/năm)	1.7-6.1	0.61-2.0	6.1-91.4	7.3-56.7	5.5-18.3	5.5-18.3
Diện tích yêu cầu (ha/$10^3$$m^3$/ngày)	6-21.4	18.2-58.8	0.4-6.0	0.6-4.8	2.0-6.6	2.0-6.6
Xử lý tiền ứng dụng thấp nhất được cung cấp	Tiền xử lý Lắng nền đáy	Tiền xử lý Lắng nền đáy	Tiền xử lý Lắng nền đáy	Sàng rác	Tiền xử lý Lắng nền đáy	Tiền xử lý Lắng nền đáy
Cách thức nước thải được áp dụng	Thoát hơi nước và thấm vào trong đất	Thoát hơi nước và thấm vào trong đất	Chủ yếu là thấm vào trong đất	Chảy bề mặt và thấm bay hơi với thấm vào trong đất một ít	Thoát hơi nước và thấm vào trong đất	Thoát hơi nước một ít
Đặc tính thiết kế						
Cần cho thực vật	Yêu cầu	Yêu cầu	Không bắt buộc	Yêu cầu	Yêu cầu	Yêu cầu

Tính chất và mục tiêu của hệ thống tự nhiên

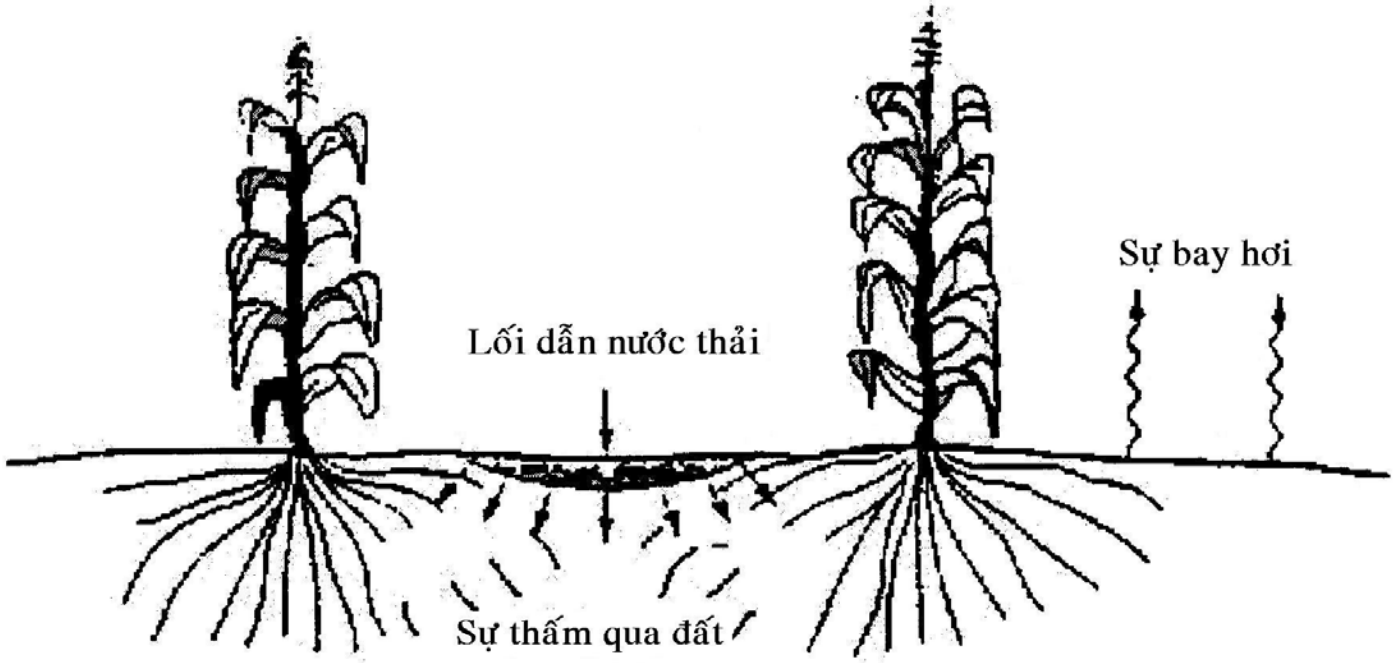
Chất lượng nước đã được xử lý

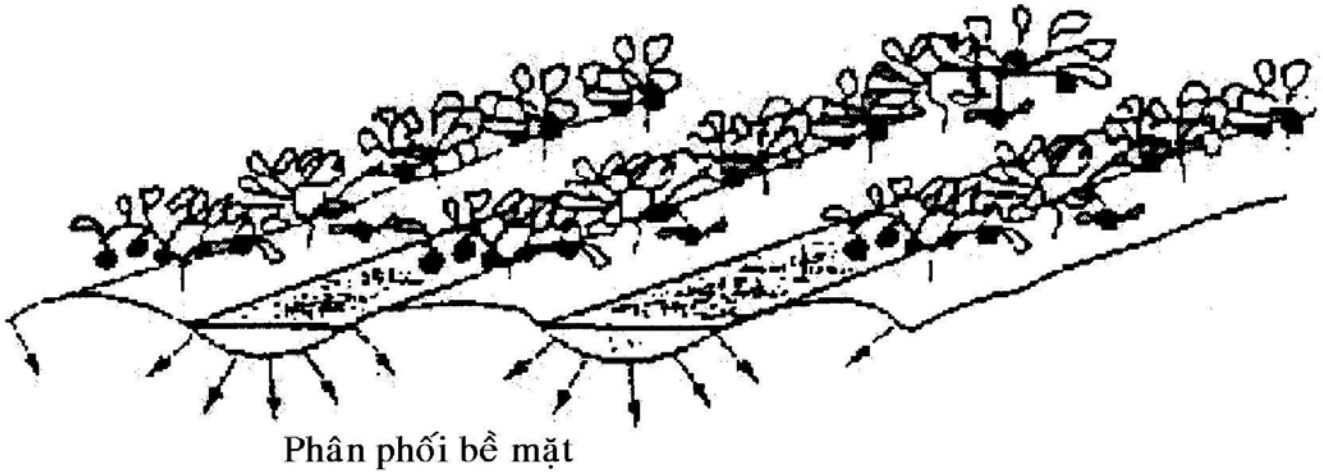
	Giá trị, mg/l					
	Tốc độ chậm		Rỉ nhanh		Chảy tràn mặt đất	
Thành phần	**Trung bình**	**Cực đại**	**Trung bình**	**Cực đại**	**Trung bình**	**Cực đại**
BOD	<2	<5	2	<5	10	<15
SS	<1	<5	2	<5	15	<25
NH_4^+-N	<0.5	<2	0.5	<2	1	<3
Tổng N (N)	3	<8	10	<20	5	<8
Tổng P (P)	<0.1	<0.3	1	<5	4	<6

Hệ thống tốc độ chậm

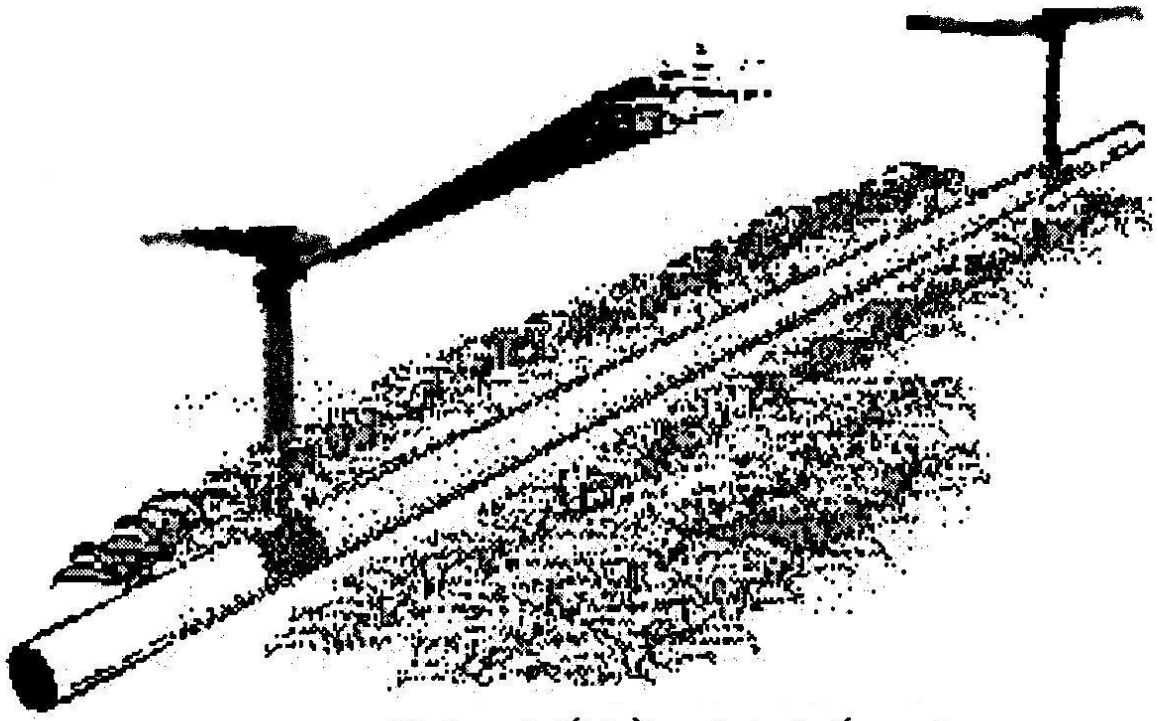
- Sử dụng nhiều
- Áp dụng để tưới tiêu hoa màu và ruộng đồng
- Nước được xử lý khi thấm qua lớp đất bên dưới
- Chia thành 2 loại:
  1. Mục đích là xử lý nước thải, không kiểm soát tốc độ tải thủy
  2. Sử dụng nước thải cho tưới tiêu nông nghiệp, khu giải trí

Ứng dụng hệ thống tốc độ chậm



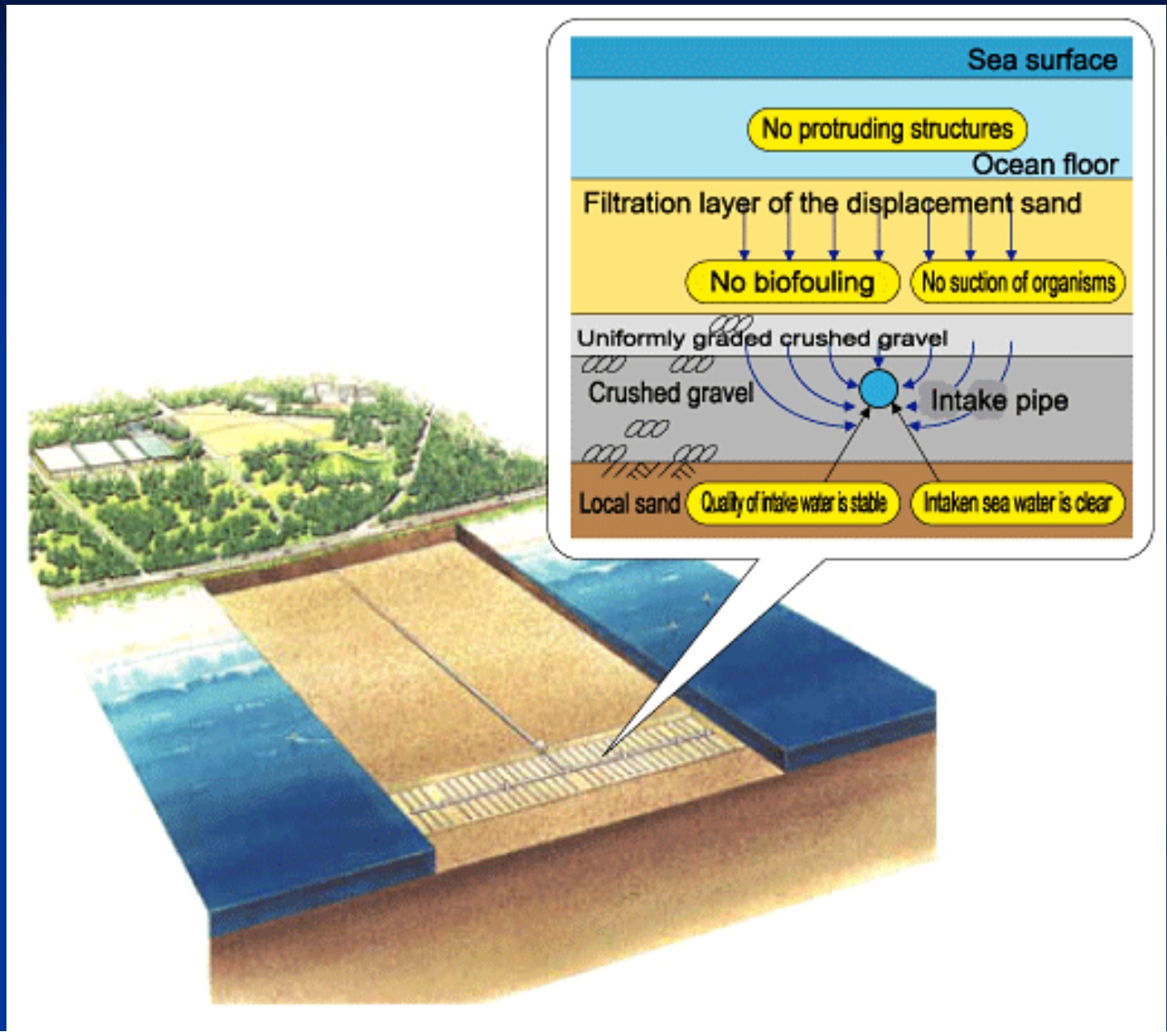


Ứng dụng hệ thống tốc độ chậm



Phân phối bằng hệ thống phun

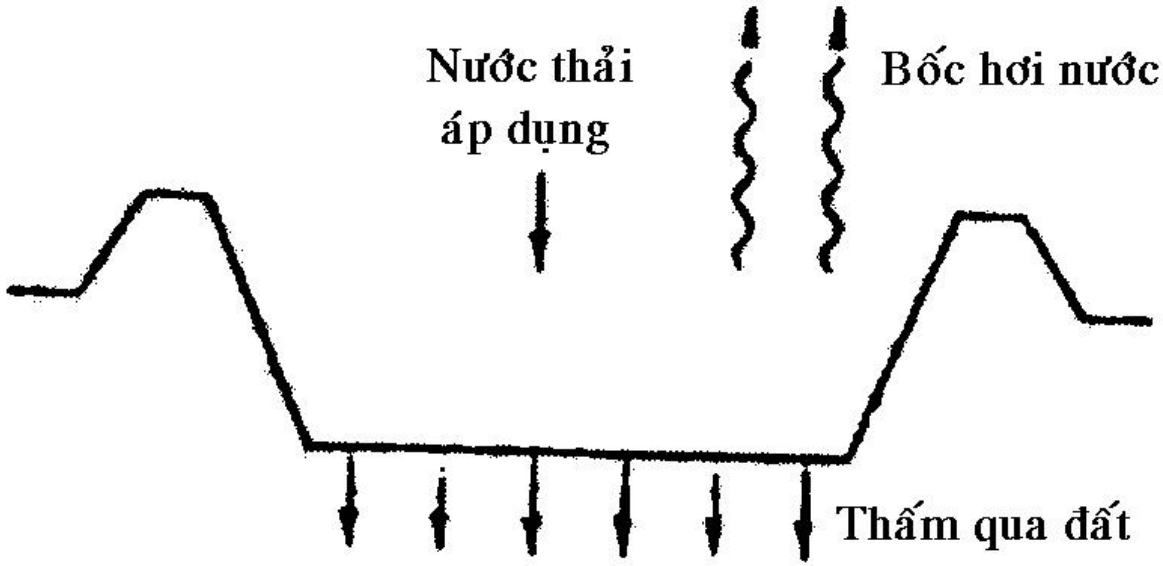
Ứng dụng hệ thống tốc độ chậm



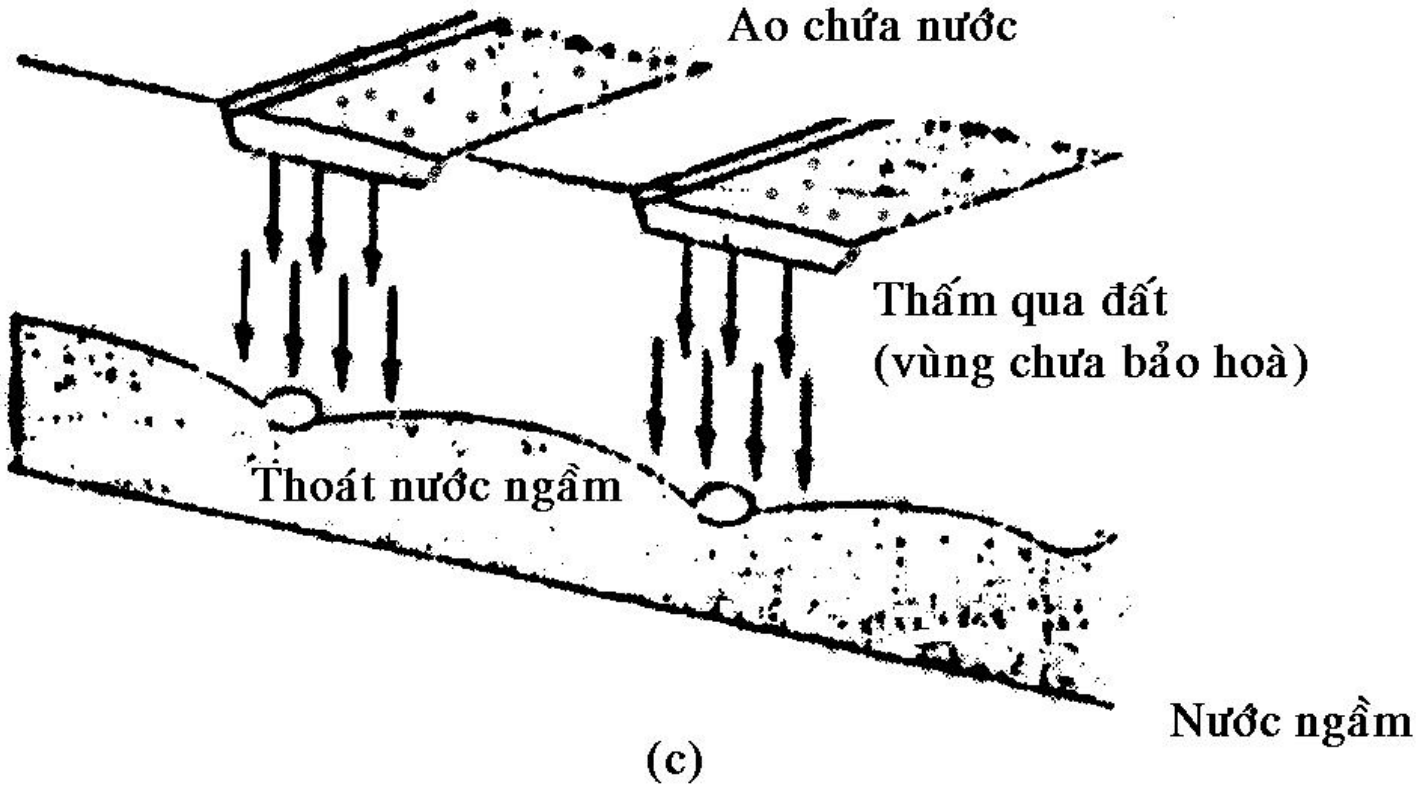
Hệ thống rỉ nhanh

- Nước thải phải được xử lý sơ bộ
- Phân phối vào trong các ao phân tán nước
- Tốc độ tải thủy cao
- Hầu hết nước thấm qua lớp đất để được xử lý
- Mục đích là tái tạo nguồn nước ngầm, tránh sự xâm lấn của nước mặn

Tải nước qua ao chứa



Phục hồi bằng các hệ thống thoát nước ngầm



(c)

Phục hồi bằng các hệ thống giếng bơm

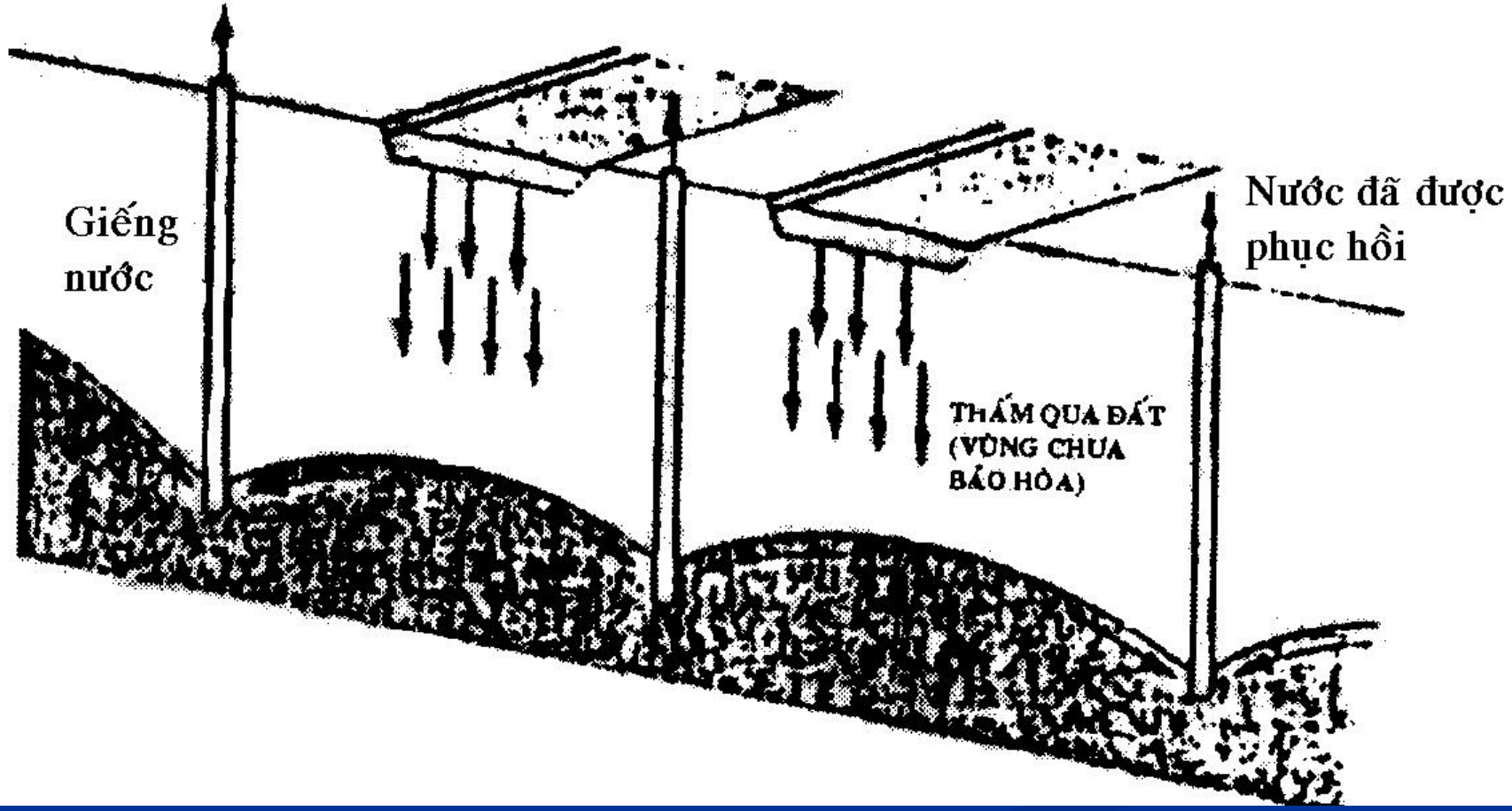
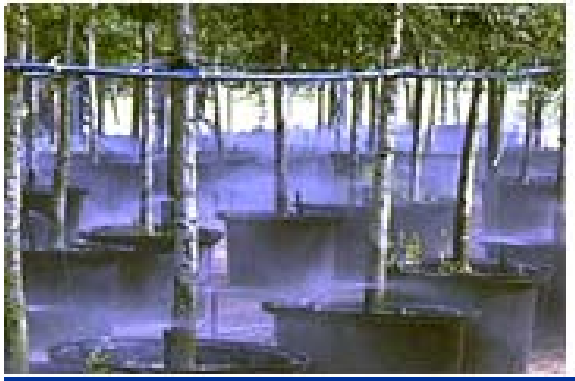
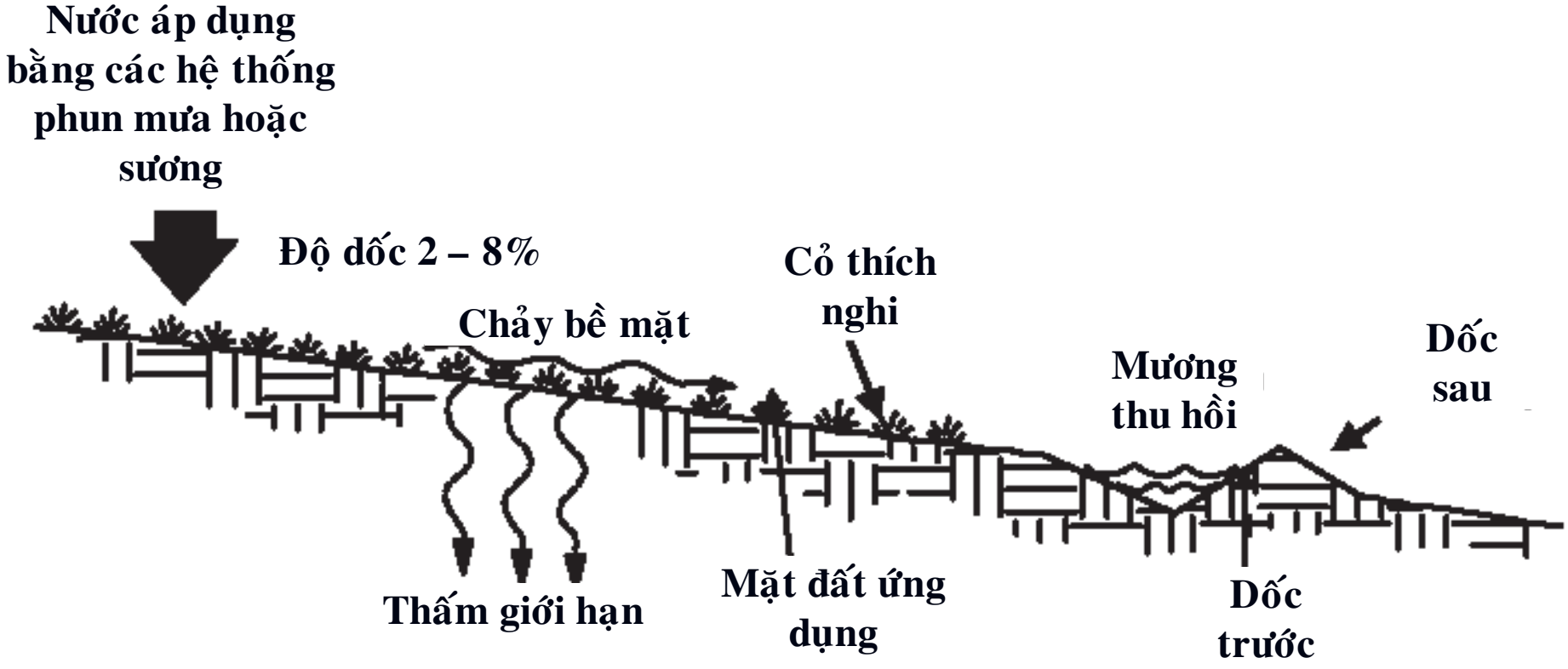


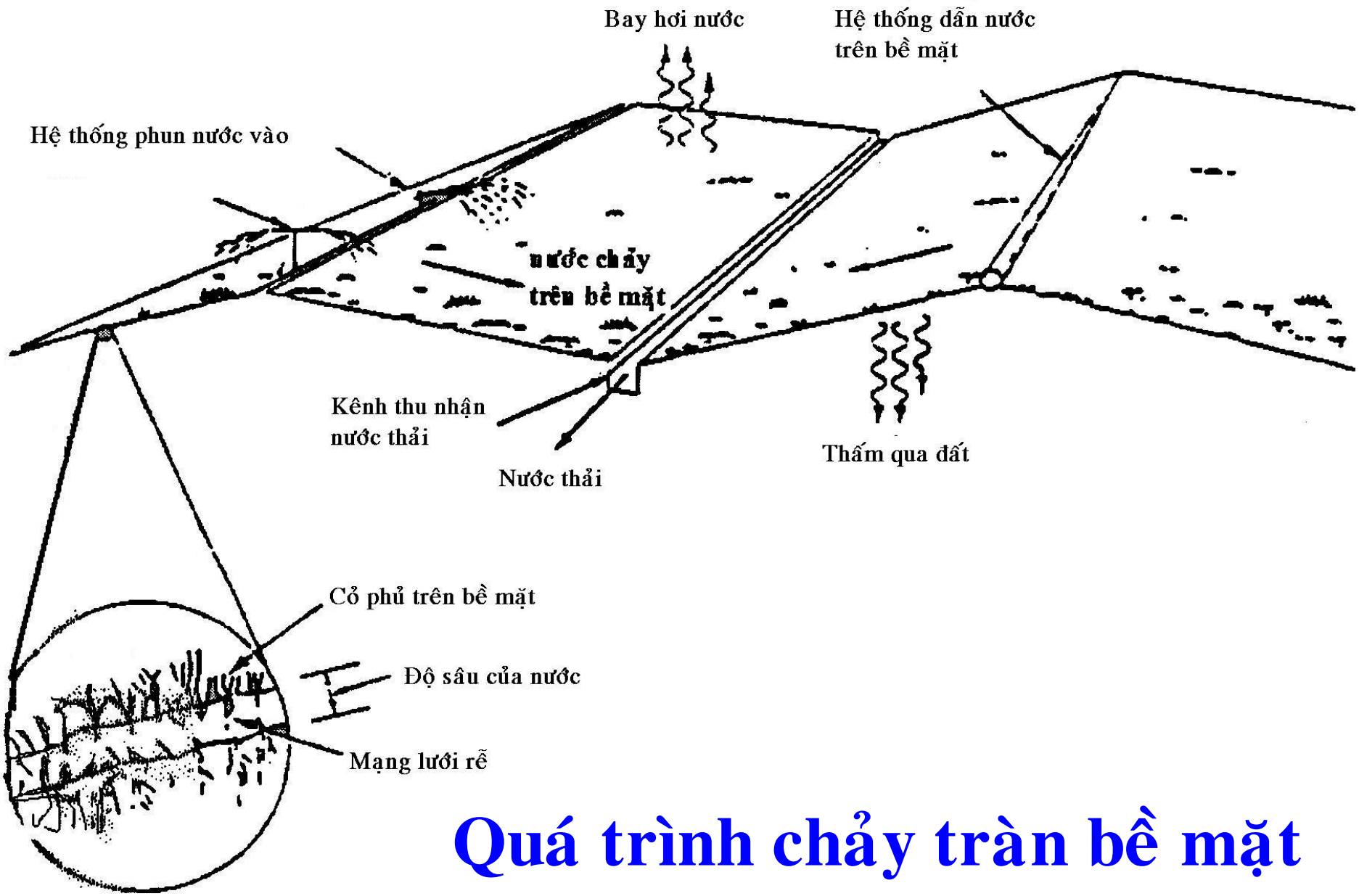
Photo by A. Murray
Copyright 2003 Univ. Florida



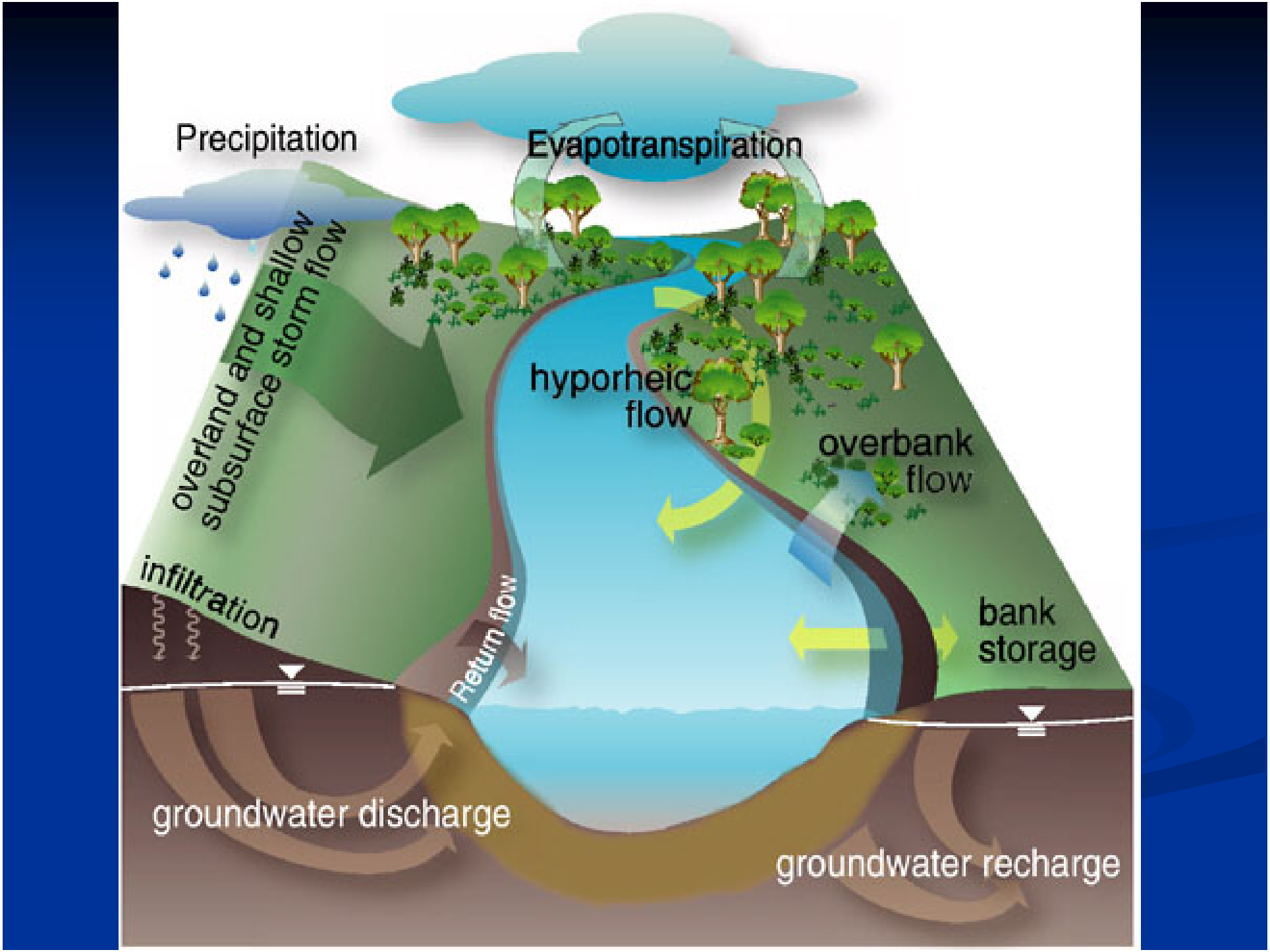
Hệ thống chảy tràn bề mặt

- Trong hệ chảy tràn bề mặt, nước thải đã qua tiền xử lý được phân phối dọc theo các đường dốc xuống theo các luống
- Nước thải có thể chảy tràn bề mặt từ các luống đến bờ đê tiếp nhận phía dưới
- Hệ chảy tràn bề mặt thường được sử dụng ở những vùng có lớp đất bề mặt hoặc lớp đất bên dưới không thấm tốt


Nước áp dụng bằng các hệ thống phun mưa hoặc sương
Độ dốc 2 – 8%
Chảy bề mặt
Cỏ thích nghi
Mương thu hồi
Dốc sau
Thấm giới hạn
Mặt đất ứng dụng
Dốc trước

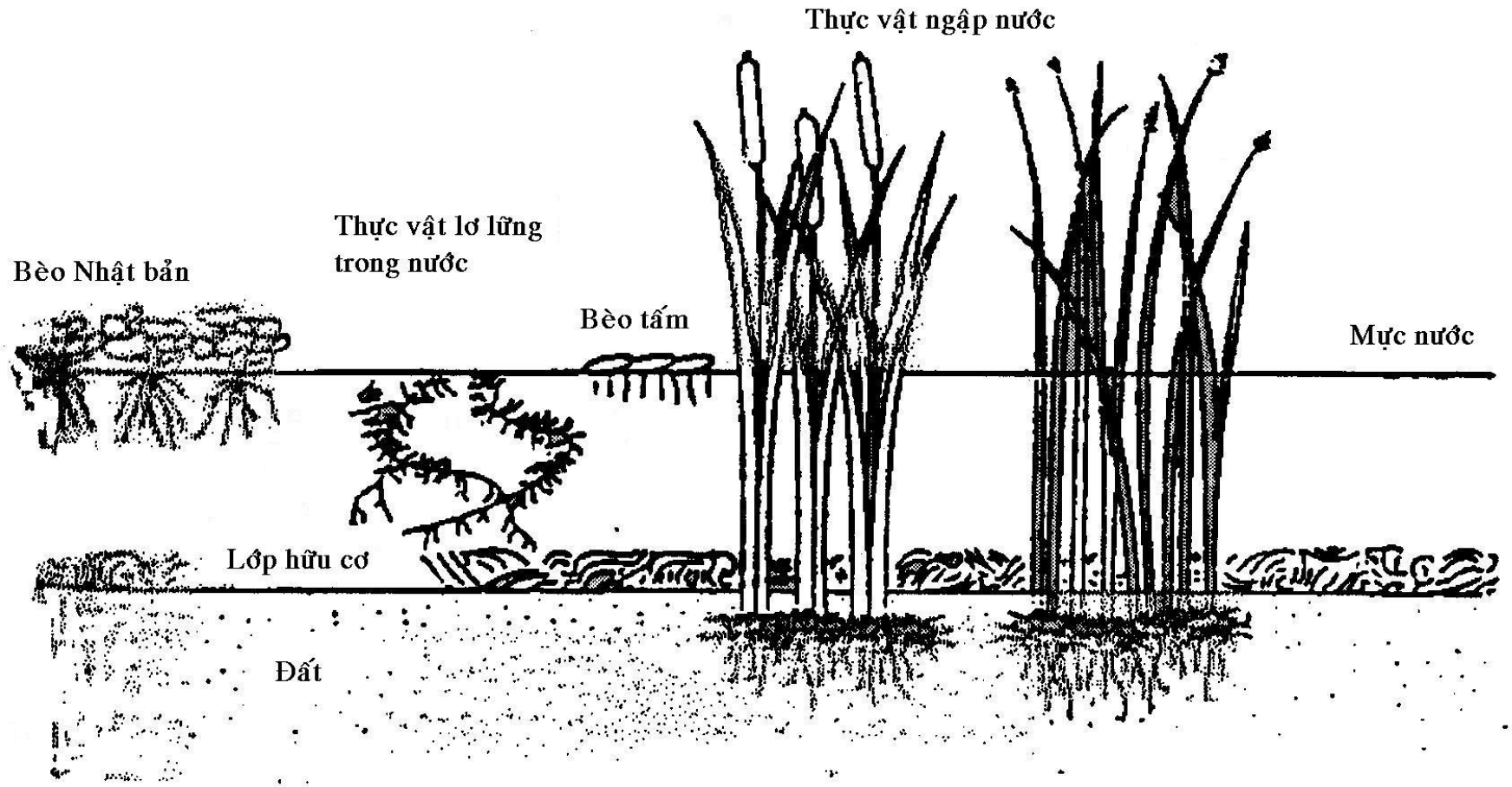


Quá trình chảy tràn bề mặt


Precipitation
Evapotranspiration
overland and shallow subsurface storm flow
hyporheic flow
overbank flow
infiltration
Return flow
bank storage
groundwater discharge
groundwater recharge

Hệ thực vật thủy sinh

- Dùng thực vật thủy sinh để xử lý nước thải
- Độ sâu của nước 0.5 – 1.8 m
- Có sục khí bổ sung vào ban đêm để tăng cường hiệu quả xử lý
- Bèo Nhật Bản và tảo lục là 2 loại thực vật thường được sử dụng
- Có kiểm soát thường xuyển sự phát triển của thực vật


Thực vật ngập nước
Thực vật lơ lửng
trong nước
Bèo Nhật bản
Bèo tấm
Mực nước
Lớp hữu cơ
Đất

Photographer and year unknown

Hệ nuôi trồng thủy sản

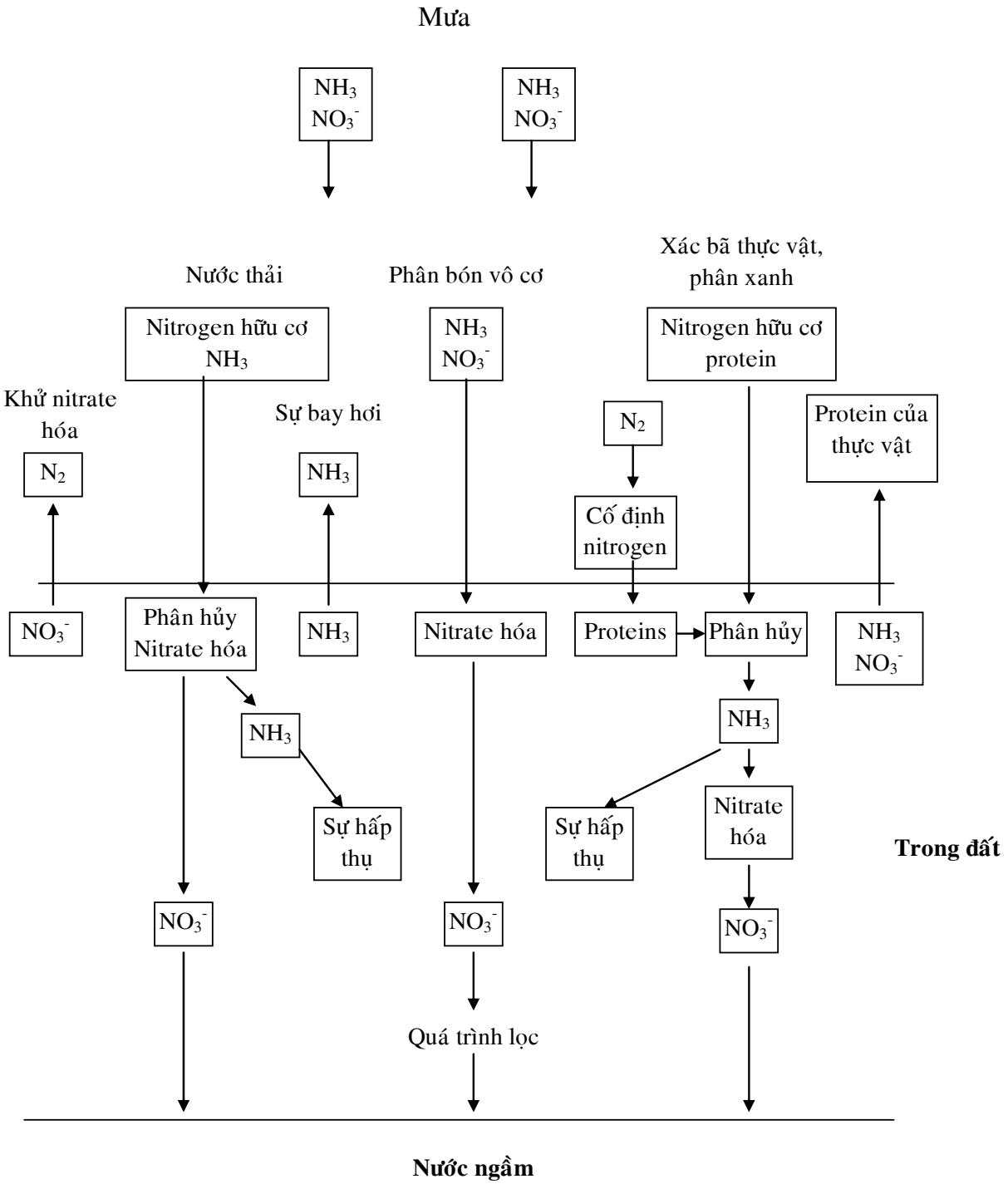
- Nước thải được sử dụng để nuôi các loài thủy sản
- Mục tiêu chỉ là phát triển sinh khối của các loài thủy sản, xử lý nước chỉ là yếu tố phụ
- Việc xử lý các chất thải trong nước được thực hiện chủ yếu bởi vi sinh vật bám vào thực vật thủy sinh
- Cần phải có sự kiểm soát chặt chẽ về các mầm bệnh có thể truyền qua các loài thủy sản từ môi trường nước

Những nghiên cứu cơ bản trong áp dụng hệ thống xử lý tự nhiên

Đặc tính cơ bản của nước thải sinh hoạt

Chất gây ô nhiễm	Đơn vị	Nồng độ		
		Thấp	Trung bình	Cao
Chất rắn tổng (TS)	mg/l	350	720	1200
Chất rắn hòa tan tổng (TDS)	mg/l	250	500	850
Cố định	mg/l	145	300	525
Bay hơi	mg/l	105	200	325
Chất rắn lơ lửng (SS)	mg/l	100	220	350
Cố định	mg/l	20	55	75
Bay hơi	mg/l	80	165	275
Chất rắn có thể ổn định được	ml/l	5	10	20
BOD_5 (20^0C)	mg/l	110	220	400
Tổng Carbon hữu cơ (TOC)	mg/l	80	160	290
COD	mg/l	250	500	1000
Tổng Nitrogen (tính theo N)	mg/l	20	40	85
Hữu cơ	mg/l	8	15	35
Ammonia	mg/l	12	25	50
Nitrite	mg/l	0	0	0
Nitrate	mg/l	0	0	0
Tổng phosphorus (tính theo P)	mg/l	4	8	15
Hữu cơ	mg/l	1	3	5
Vô cơ	mg/l	3	5	10
Chloride	mg/l	30	50	100
Sulfate	mg/l	20	30	50
Kiềm (tính theo $CaCO_3$)	mg/l	50	100	200
Chất béo	mg/l	50	100	150
Tổng coliform	no/100ml	10^6-10^7	10^7-10^8	10^7-10^9
Các hợp chất hữu cơ bay hơi (VOCs)	µg/l	<100	100-400	>400

Sự chuyển hóa nitrogen trong hệ thống tự nhiên



Những vấn đề về sức khỏe cộng đồng

- Các mầm bệnh
- Chất lượng nước ngầm
- Chất lượng cây trồng (vụ mùa)