

Chương 4: Vận chuyển bùn cát ven bờ

4.1 Nguồn gốc, đặc tính bùn cát

4.2 Sự chuyển động bùn cát đáy & lơ lửng

2.3 Đặc trưng vật lý của bùn cát

2.4 Đặc trưng thủy lực

2.5 Sự chuyển động của bùn cát đáy

2.6 Sự chuyển động của bùn cát lơ lửng

Nguồn gốc

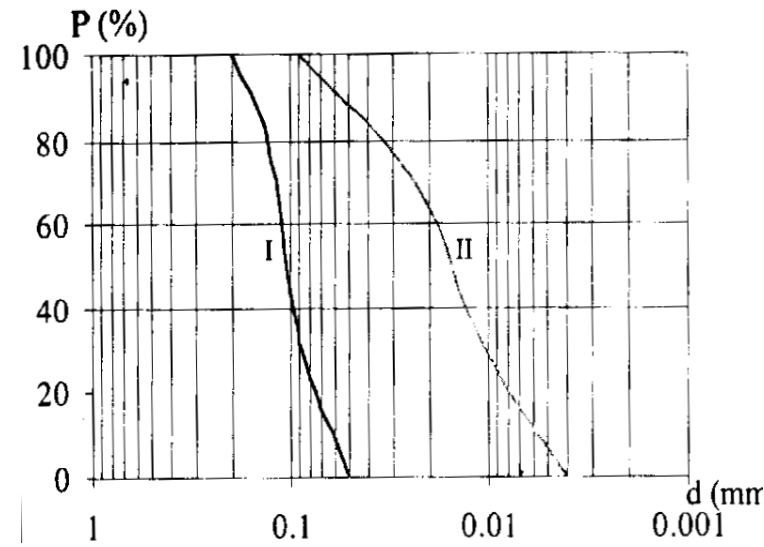
- Nguồn gốc của bùn cát
 - Do phong hóa, bào mòn, xâm thực
 - Do sạt lở bờ sông, bờ biển, xói lở đáy
 - Do nguyên nhân nội sinh (phun trào núi lửa)
- Thành phần:
 - 80% quartz, feldspar: chịu mài mòn tốt
 - Một số khoáng vật nặng, sẫm màu (v.d oxit sắt).

Phân loại bùn cát

- Theo đường kính hạt
- Theo đặc điểm chuyển động
 - Bùn cát lơ lửng (*suspended sediments*)
 - Bùn cát đáy hay bùn cát di đẩy (*bed load*)
- Theo khả năng thành tạo lòng dẫn
 - Chất tạo lòng (*bed-form*)
 - Chất không tạo lòng (chất mịn) (*wash load*)
- Phân loại theo tính dính kết

Đặc trưng hình học của bùn cát

- Kích thước và hình dạng của một hạt bùn cát đơn lẻ
 - Kích thước: d_n, d_{50}, d_m, d_s . Thang Wentworth ($\phi = -\log_2 d$).
 - Hình dạng hạt: độ dẹt (Corey)
- Đường cong cấp phối mẫu bùn cát
 - Khái niệm: $x\%$ khối lượng cát là hạt mịn hơn.
 - Cách xây dựng
- Chỉ số thống kê
 - Trung bình (mean), μ
 - Độ lệch chuẩn (std), σ
 - Độ xiên (skewness), sk
 - biểu hiện trên đường cấp phối ntn?
- VD so sánh 2 mẫu cát ở bãi và trên cồn cát. Nhận xét.



	BÃ BIỂN	CỒN CÁT
μ	0.67ϕ	1.63ϕ
std	1.12ϕ	0.95ϕ
sk	-0.35	+0.22

Đặc trưng vật lý

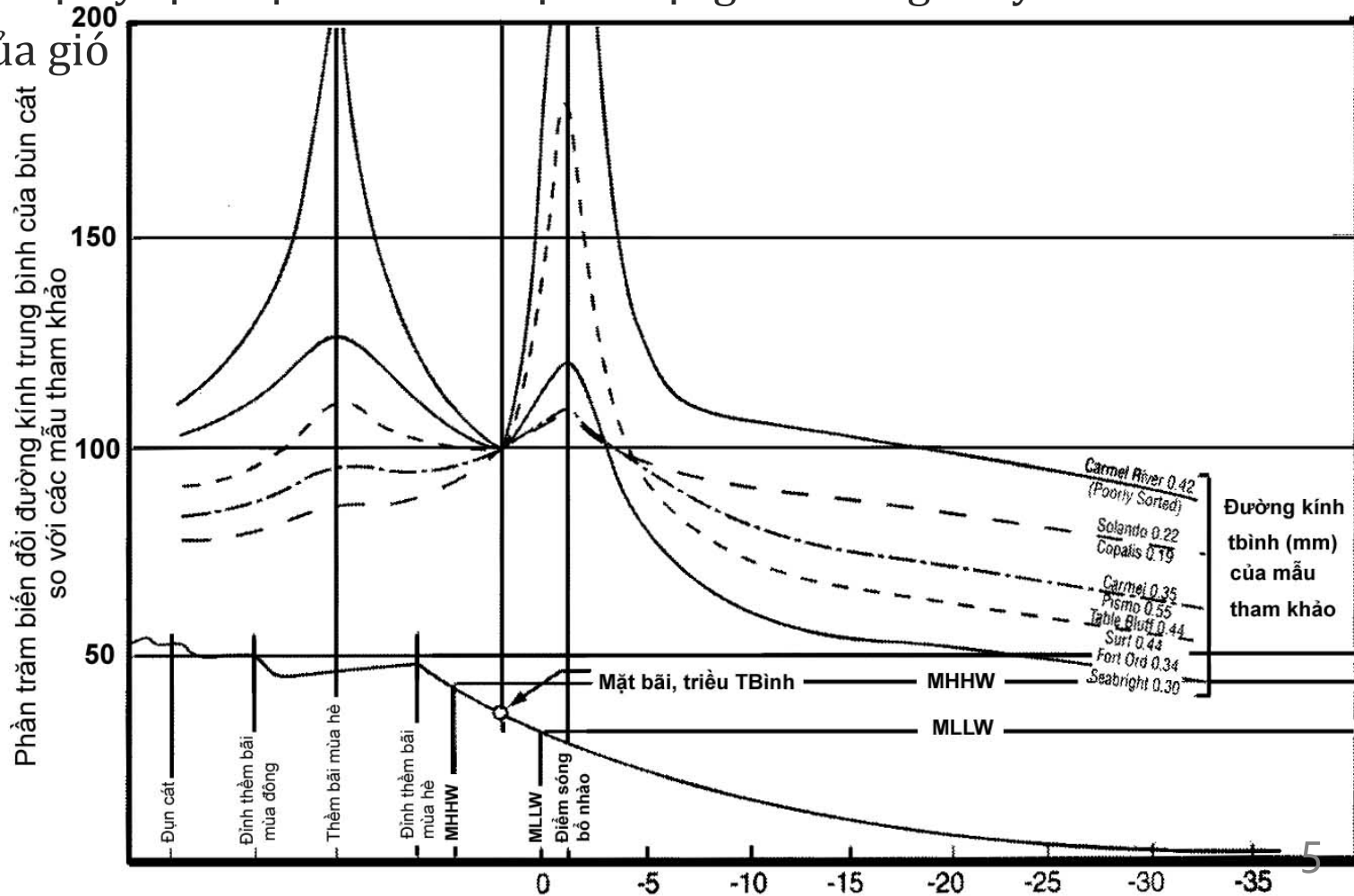
- Khối lượng riêng & trọng lượng riêng: Tỷ số giữa khối lượng (trọng lượng) bùn cát đã sấy khô ở 105°C và thể tích chặt (không có lỗ rỗng) của nó: ρ_s và γ_s (kg/m^3 hoặc N/m^3). Tỷ số này phụ thuộc vào loại đá.
- Khối lượng riêng trung bình của bùn cát $\rho_s = 2650 \text{ kg}/\text{m}^3$;
- Dung trọng riêng = 2.65
- Dung trọng đẩy nổi $\Delta = 1.65$
- Góc ma sát trong $\phi \sim 30^{\circ}-36^{\circ}$

Độ thô thủy lực

- Tốc độ lắng chìm đều của hạt trong nước tĩnh, w_s (cỡ $10^{-2} \text{ m}/\text{s}$)
- Các trạng thái chìm của bùn cát trong nước tĩnh: số Reynolds = $w_s d/\nu$
- Liên hệ mật thiết (đồng biến) với đường kính hạt.
- Các nhân tố ảnh hưởng?

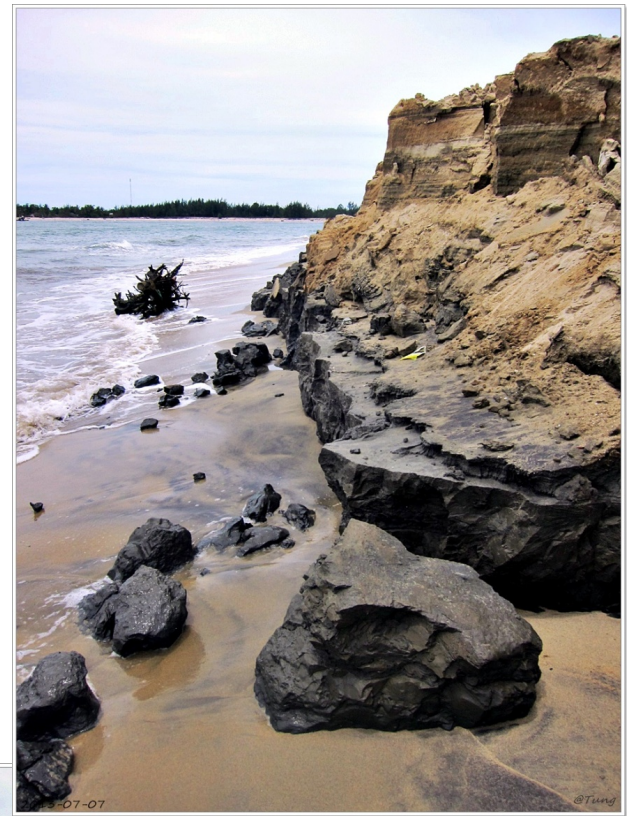
Phân bố trầm tích trên bãi biển

- Trầm tích bùn cát trên bãi biển không đồng nhất, theo hướng dọc bờ và cả theo hướng ngang bờ
- Ngoài vùng sóng đổ: mịn; bên trong vùng sóng đổ: thô hơn
- Đường kính hạt tỷ lệ thuận với mức độ rối động của dòng chảy
- Tác dụng của gió



Phân lớp trầm tích bùn cát

Bãi biển Hải Dương, Huế, 6/2012



Bùn cát lơ lửng

- Bùn cát lơ lửng là các hạt bùn cát có kích thước nhỏ, nổi lơ lửng trong dòng nước và chuyển động trôi theo dòng nước.
- Lượng bùn cát lơ lửng có trong một đơn vị thể tích dòng chảy được gọi là lượng ngậm cát lơ lửng (độ đục nước sông, nồng độ bùn cát).
- Sự rối động của dòng chảy theo phương thẳng đứng là nguyên nhân chính làm bùn cát có thể nổi lơ lửng được trong dòng nước. Theo lý thuyết khuếch tán:

tồn tại cân bằng giữa lượng hạt chìm và lượng nổi do khuếch tán từ nơi có nồng độ cao (dưới) đến nơi nồng độ thấp (trên).

$$w_s C + \varepsilon_{sz} \frac{dC}{dz} = 0$$

- Trong điều kiện dòng nước và lòng sông nhất định, lượng bùn cát lơ lửng tối đa mà dòng chảy có thể mang theo trong một đơn vị thể tích nước của nó mà vẫn bảo đảm không gây bồi lắng được gọi là sức tải cát lơ lửng của dòng chảy.
- Ký hiệu S_T ; đơn vị g/m^3 hoặc kg/m^3
- Về bản chất S_T chính là lượng ngậm cát lơ lửng bình quân mặt cắt trong điều kiện dòng chảy đã bão hòa bùn cát.

4.2 Chuyển động của bùn cát đáy

Sự khởi động của bùn cát đáy

- Trạng thái của bùn cát khi lưu tốc dòng chảy mạnh lên từ trạng thái đứng im bất động tới bắt đầu chuyển động: lăn, trượt, nhảy cóc và bứt khởi đáy.
- Đặc trưng cho mức độ cơ động của hạt: số Shields (θ):

$$\theta = \frac{\tau}{(\rho_s - \rho)gD} = \frac{V_*^2}{\Delta \cdot gD} \quad V_* = \sqrt{\tau / \rho} = V \sqrt{g} / C$$

- Trạng thái giới hạn giữa nằm yên và bắt đầu chuyển động (critical)
 - Trường phái Tây Âu – Mỹ: Ứng suất tiếp đáy khởi động (τ_{cr}) & tương ứng là θ_{cr} .
 - Trường phái Liên Xô: Lưu tốc trung bình thuỷ trực khi hạt cát bắt đầu ch.động
- Xây dựng công thức:
 - Xét 1 hạt cát nằm ở đáy, xét các lực tác động làm hạt cát chuyển động và lực gây cản trở chuyển động
 - Hạt cát chuyển động khi mô men chuyển động > mô men cản
 - Công thức kinh nghiệm.

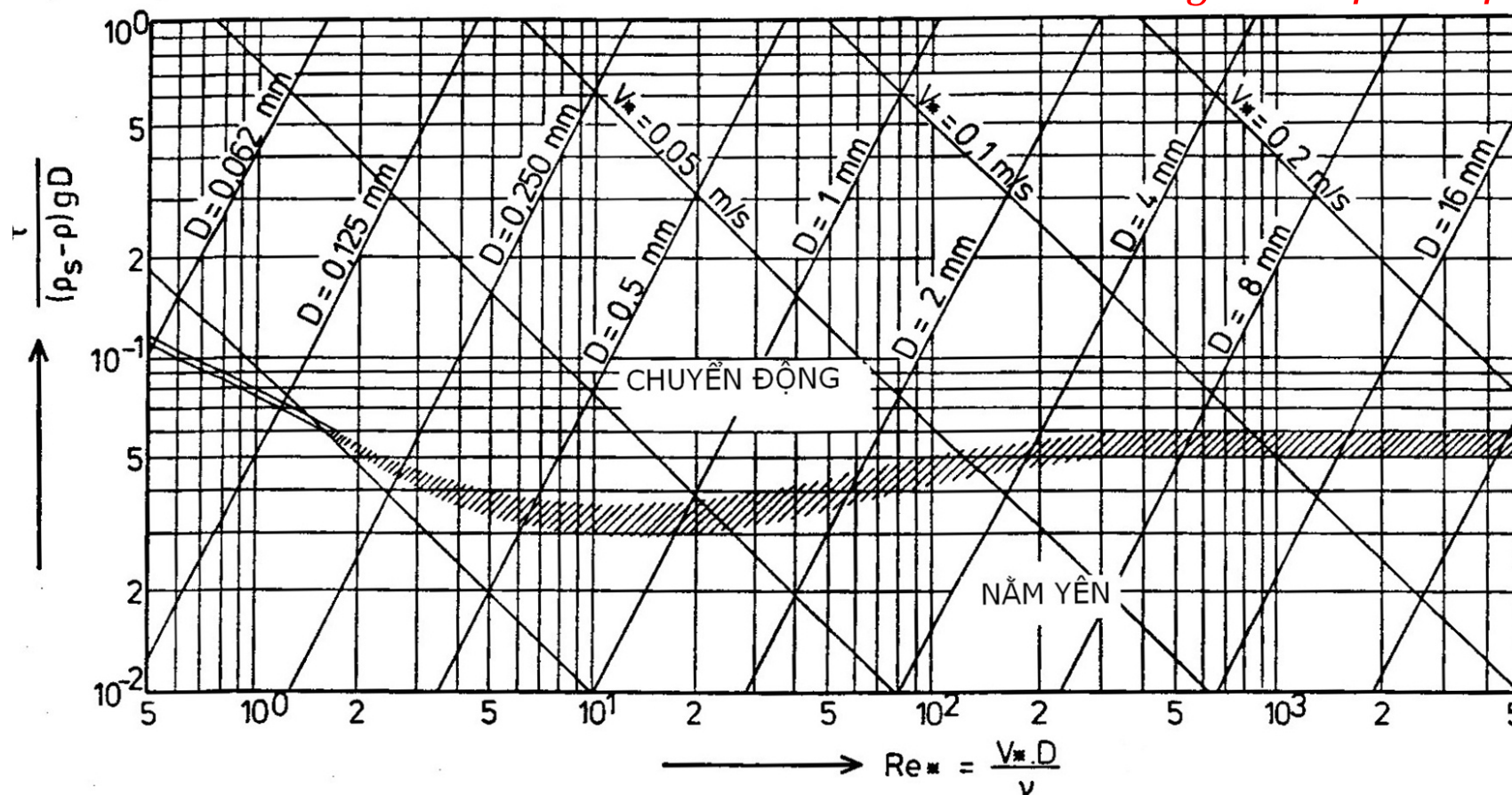
Shields (1936) biểu diễn ứng suất tới hạn như hàm của số Reynolds hạt Re_e

$$\theta_{cr} = \frac{\tau_{cr}}{(\rho_s - \rho)gD} = f(Re_e) \quad Re = \frac{V_* D}{\nu}$$

Ứng suất tới hạn xuất hiện ở cả 2 vế của phương trình !

Biểu đồ Shields

V_{cr} phụ thuộc vào đường kính hạt và vận tốc



Ví dụ xác định θ_{cr} , V_{cr}

Cho biết: $h = 3 \text{ m}$, $k_s = 0,06 \text{ m}$;

D_{50} tại vị trí 1 = $250 \mu\text{m}$; D_{50} tại vị trí 2 = $500 \mu\text{m}$

Yêu cầu: Lưu tốc khởi động bùn cát ứng với D_{50} tại vị trí 1 và 2.

Tính hệ số $C = 18 \log(12h/k_s) = 50 \text{ m}^{0.5}/\text{s}$.

■ Với $D_{50} = 250 \mu\text{m} \rightarrow \theta_{cr} = 0.045$

Vì $\theta = V_*^2 / \Delta g D_{50}$ nên tính được

$$V_{cr}^* = 0.0134 \text{ m/s}$$

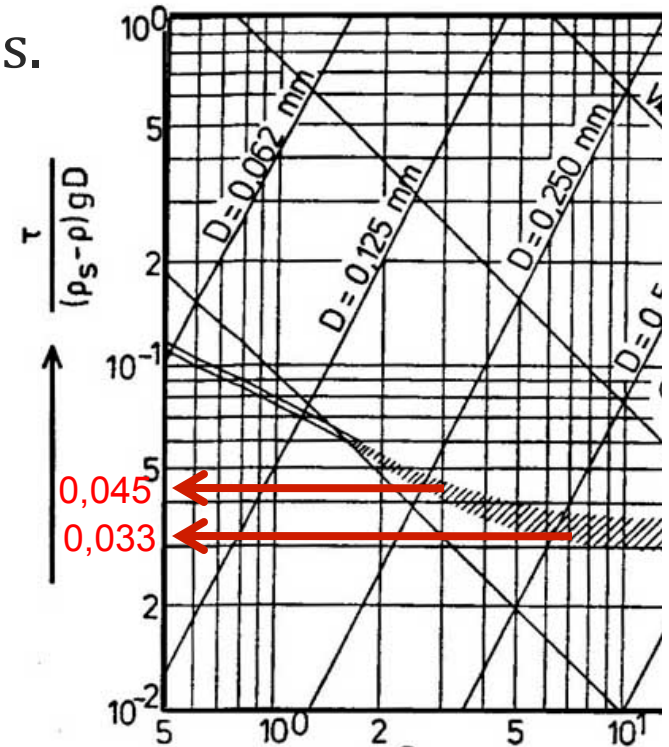
$$V_{cr}^* = V_{cr} \sqrt{g} / C \rightarrow \mathbf{V_{cr} = 0.214 \text{ m/s}}$$

■ Với $D_{50} = 500 \mu\text{m} \rightarrow \theta_{cr} = 0.033$

Tương tự tính được $\mathbf{V_{cr} = 0.26 \text{ m/s}}$

(có thể tính hoặc không tính qua τ)

■ Dạng bài khác: Cho biết giá trị của h , k_s và V . Xác định đường kính trung bình D_{50} của bùn cát ở đáy để hạt bùn cát không bị chuyển động.



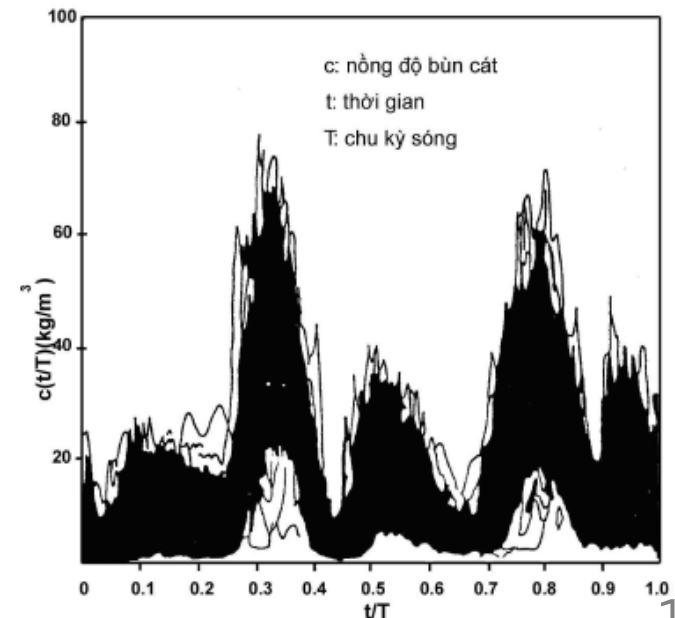
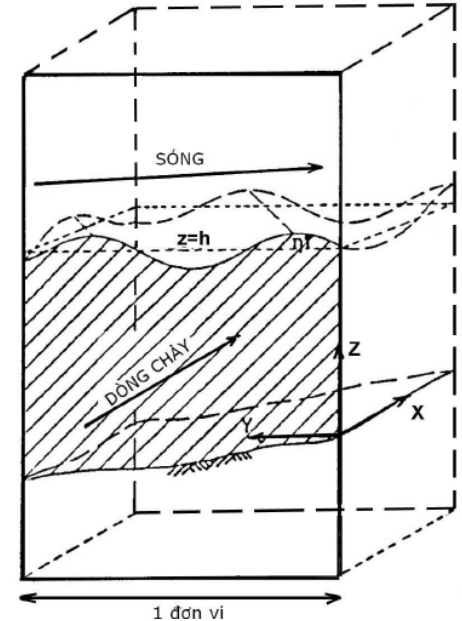
Yếu tố ảnh hưởng tới sự khởi động của bùn cát đáy

- Tác động của dòng chảy
 - Tạo ra trường áp lực bất đối xứng trên mặt và dưới đáy, trước và sau hạt cát
 - Tạo dòng chảy rối và mạch động lưu tốc tại lớp biên
- Ảnh hưởng của các hạt xung quanh
 - Các hạt chèn chặt nhau → quá trình xấp xếp tự nhiên, thô hoá lòng dẫn
 - Lực kết dính giữa các hạt mịn. Các màng nước mỏng giữa các hạt làm chúng cố kết lại với nhau
- Ảnh hưởng của địa hình lòng dẫn: đáy phẳng, đáy nghiêng.

VCBC lơ lửng ở bờ biển

- Trong dòng chảy sông (1 chiều), có thể tính $q_s = \int CV dz$; với giả thiết C và V biến đổi chậm theo t và x (chiều dòng chảy).
- Ở biển: η , V và C liên tục biến đổi theo thời gian và theo không gian
- Tác động của sóng đối với dòng chảy và bùn cát
- Khảo sát biến thiên nồng độ bùn cát dưới tác động của sóng
 - Biểu diễn 99 bản ghi của C(t)
 - Đo đạc tại cùng 1 điểm
 - Sóng đều, trong điều kiện lý tưởng

Quy luật biến đổi của nồng độ bùn cát theo không gian, thời gian !!



Công thức VCBC lý thuyết

$$S_x = \frac{1}{t'} \iint c(z, t) \times V(z, t) dt dz$$

- S_x : VCBC theo phương x , trên 1 đơn vị chiều rộng
- Thời gian t' : đủ dài để phản ánh tác động sóng tới V và c .
- Xác định VCBC theo hướng truyền sóng: $V(z, t) \approx 0$

Công thức tường minh, nhưng khó biểu diễn được quy luật biến đổi của c và V theo không gian và thời gian.

Đơn giản hoá trong VCBC dọc bờ

- Dòng chảy dọc bờ : hướng và độ lớn lưu tốc hầu như không đổi. $V(z, t)$ rút gọn thành $V(z)$
- Đơn giản hoá $C(z, t)$ thành $C(z)$ khi xác định nồng độ bùn cát trung bình theo thời gian trong dải sóng vỡ

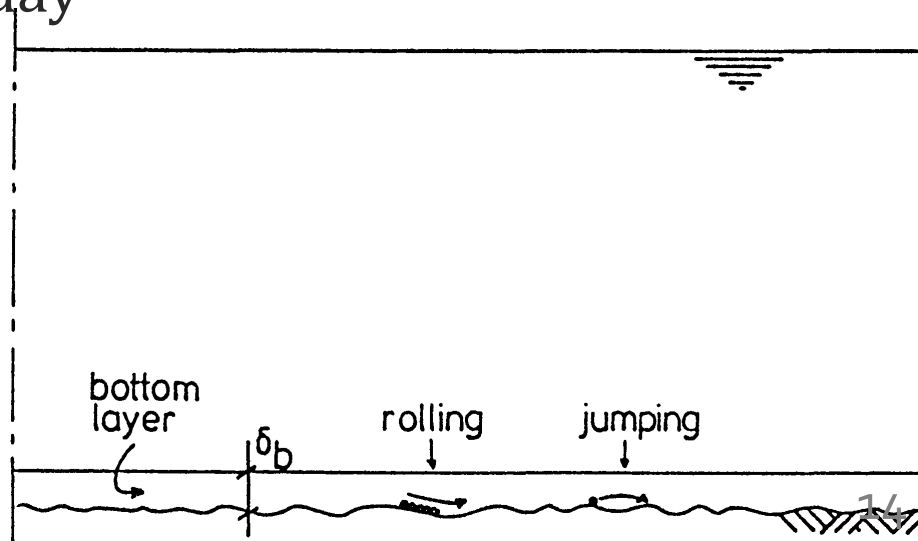
$$S_x = \int_0^{h+\eta} \overline{C(z)} V(z) dz \approx \int_0^h \overline{C(z)} V(z) dz$$

Quá trình VCBC

- Làm dịch chuyển các hạt ở đáy
- Khuấy bùn cát đáy nổi lơ lửng trong nước
- Dịch chuyển bùn cát lơ lửng theo phương ngang dưới tác dụng của dòng chảy
- Lắng đọng bùn cát trở lại khi vận tốc giảm

Vận chuyển bùn cát đáy

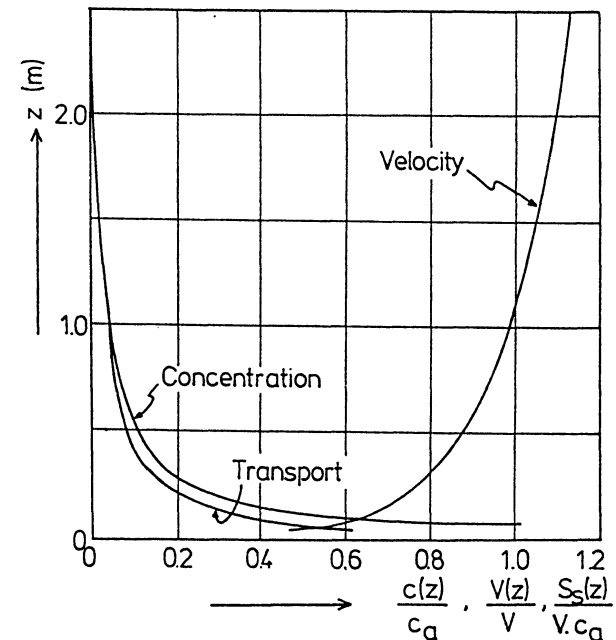
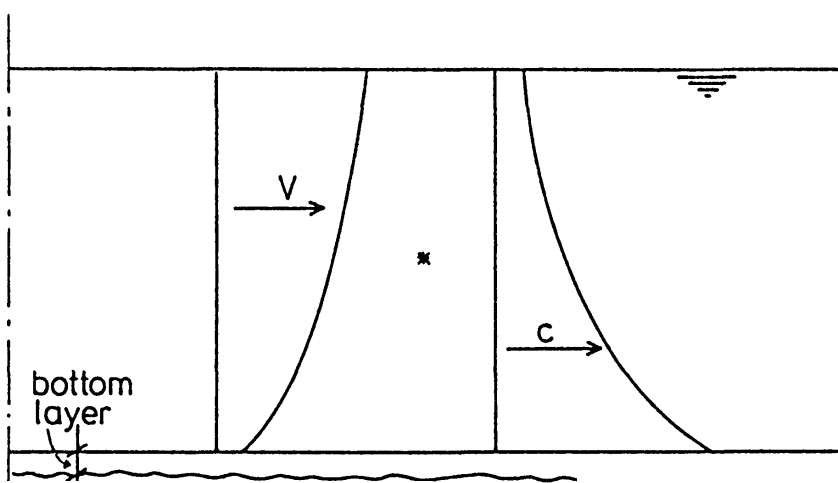
- Bùn cát vận chuyển dưới dạng lăn, trượt, nhảy cóc dọc đáy
- Bùn cát liên tục tiếp xúc với đáy
- Vận chuyển tại 1 lớp mỏng sát đáy (δ_b)



Vận chuyển bùn cát lơ lửng

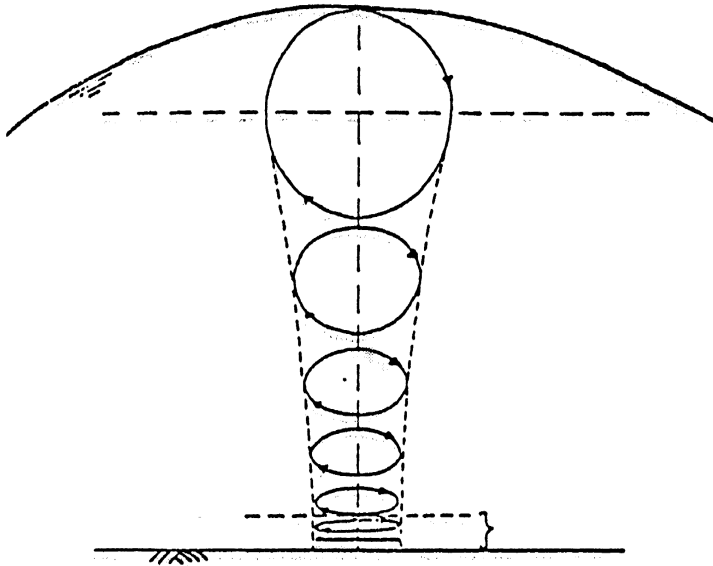
- Tính toán cho cột chất lỏng từ mặt nước tới sát đáy
- Cần biết phân bố lưu tốc và nồng độ bùn cát theo độ sâu
- Khác nhau giữa sông và biển
- VD: trường hợp trong sông

$$S_s = \int_{\delta_b}^h \overline{c(z)} V(z) dz$$



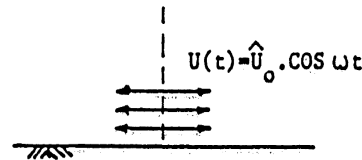
$$V(z) = \frac{V_*}{\kappa} \ln \left[\frac{z}{z_0} \right] \quad c(z) = c_a \exp \left[-w \int_a^z \frac{dz}{\epsilon_s(z)} \right]$$

Chuyển động của chất điểm nước do tác dụng của sóng

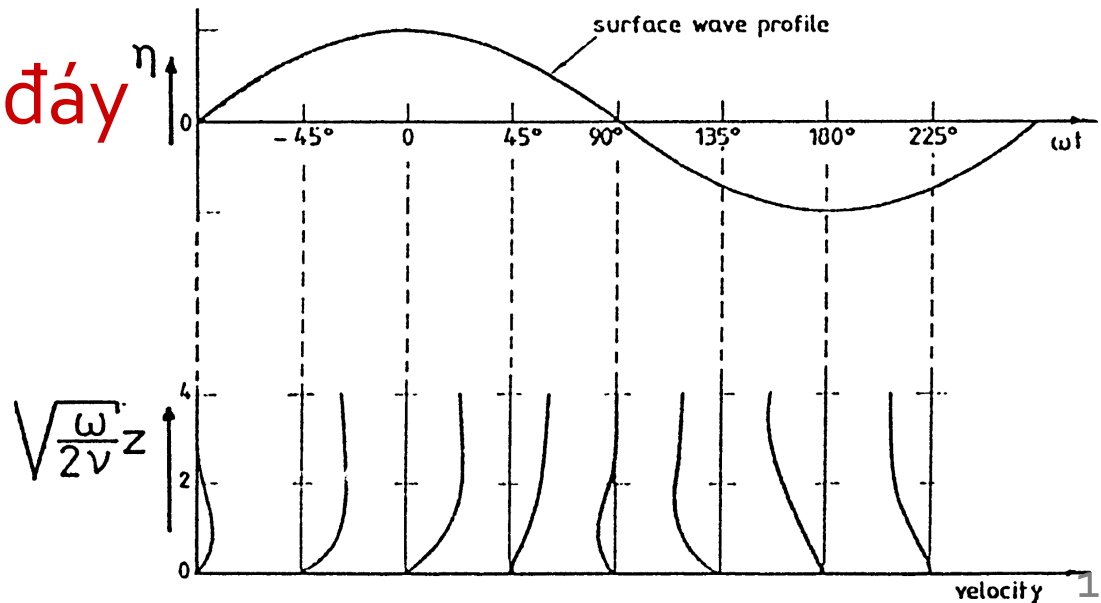


$$u_0 = \frac{\omega H}{2 \sinh(kh)} \cos(\omega t)$$

$$u_0 = \hat{u}_0 \cos(\omega t)$$



Phân bố lưu tốc sát đáy



Vận chuyển bùn cát dọc bờ

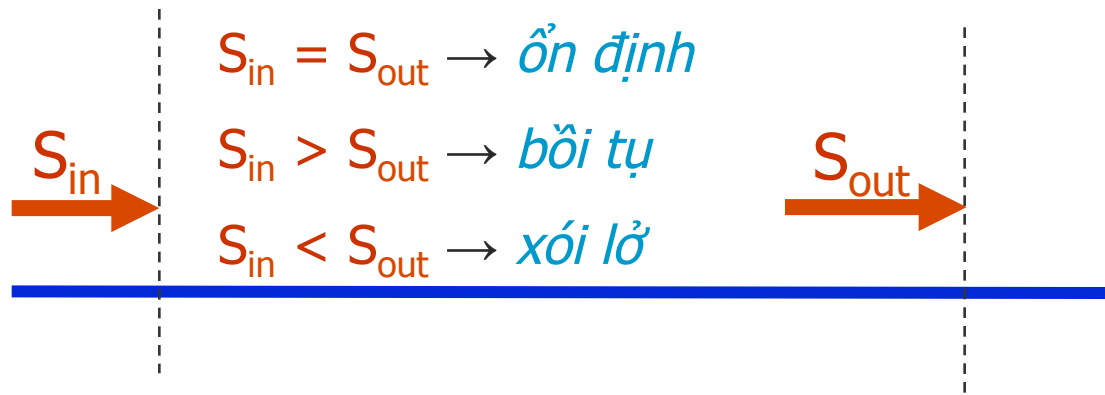
- VCBC **tĩnh** hay “ròng” (net): lượng VCBC có xét tới hướng,
- VCBC **tổng cộng** (gross): không xét tới hướng,
- Quan trọng đối với bờ biển có sự vận chuyển bùn cát biến đổi theo mùa
- Xác định hướng vận chuyển bùn cát tĩnh qua diễn biến đường bờ biển tự nhiên hoặc tại vị trí có các công trình bảo vệ bờ như đập mỏ hàn, đập chắn sóng ngoài khơi
- Tại các cửa sông, lạch triều ?

Vận chuyển bùn cát thực tế - tiềm năng

- Công thức tính vận chuyển bùn cát dọc bờ là khả năng VCBC \neq lượng VCBC thực tế.
- Phụ thuộc vào cấu tạo bờ biển tự nhiên, công trình ven bờ;
- Vận chuyển bùn cát thực tế xác định qua cân bằng lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ
- Sources: sông chảy ra biển, xói lở vách bờ, đụn cát
- Sinks: vực biển, lạch triều, khai thác cát, nạo vét luồng tàu

Mất cân bằng vận chuyển bùn cát dọc bờ

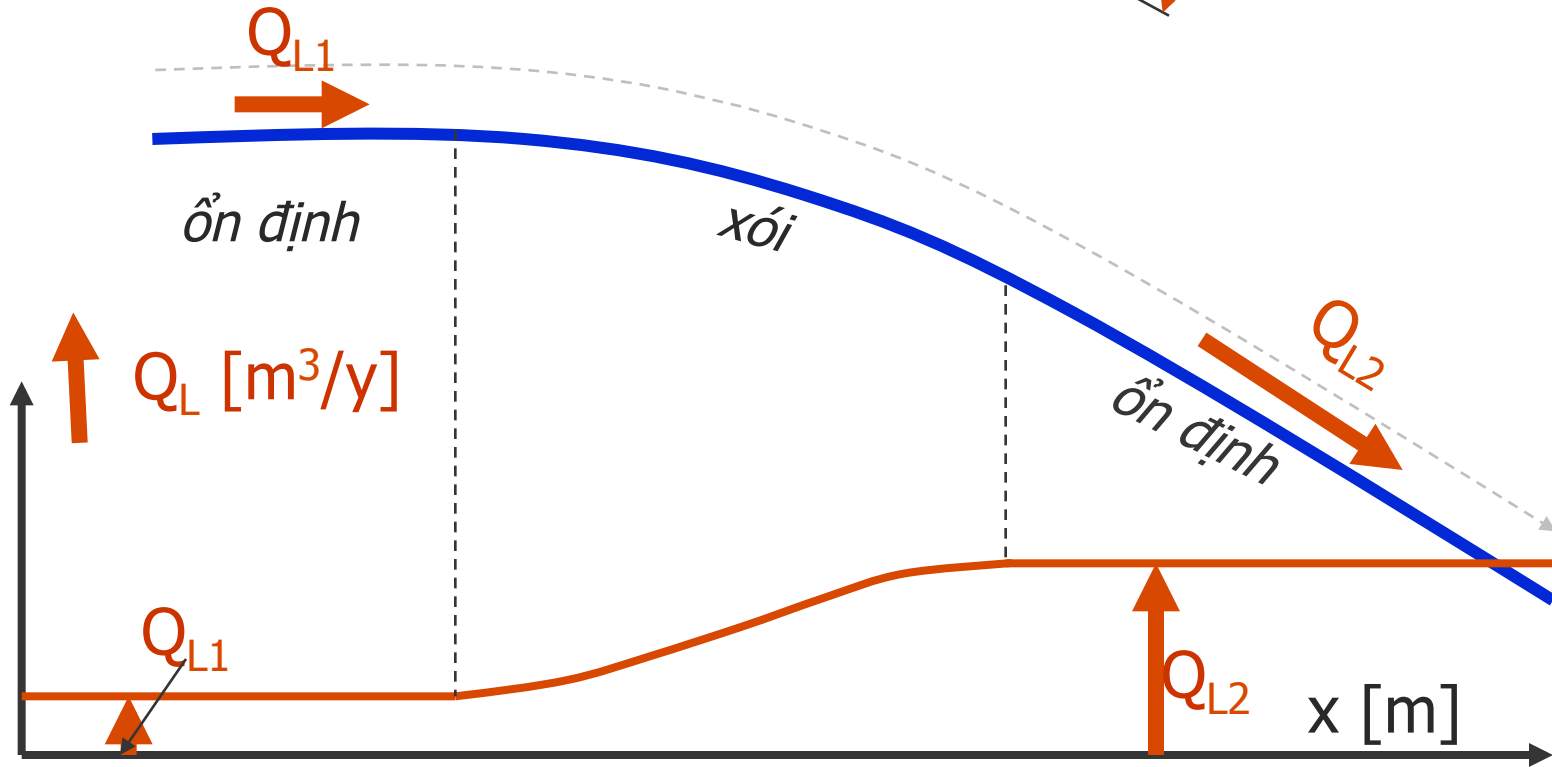
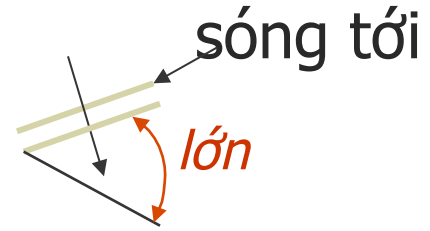
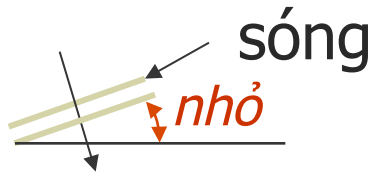
- Vận chuyển bùn cát dọc bờ **không gây** xói lở bờ
- **Mất cân bằng** VCBC dọc bờ là **nguyên nhân** gây xói lở bờ



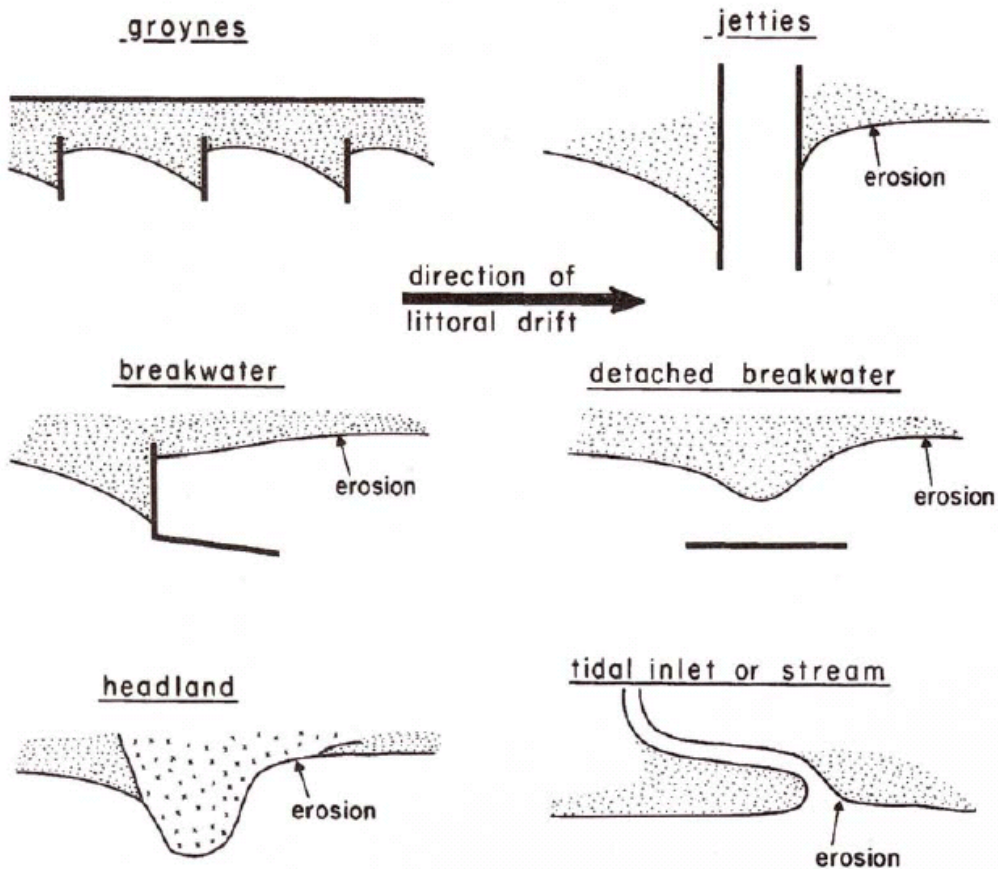
Mất cân bằng VCBC dọc bờ – nguyên nhân

- S hay Q_L là hàm của các yếu tố sau:
 - Chiều cao sóng tới (H_s); Chu kỳ sóng tới (T_m); Hướng sóng tới (φ)
 - Độ dốc bãi biển ($\tan\beta$)
 - Độ lớn của bùn cát trên bãi biển (D_{50})
- **Biến đổi hướng đường bờ**
- **Thay đổi chiều cao sóng tới**

Đường bờ cong



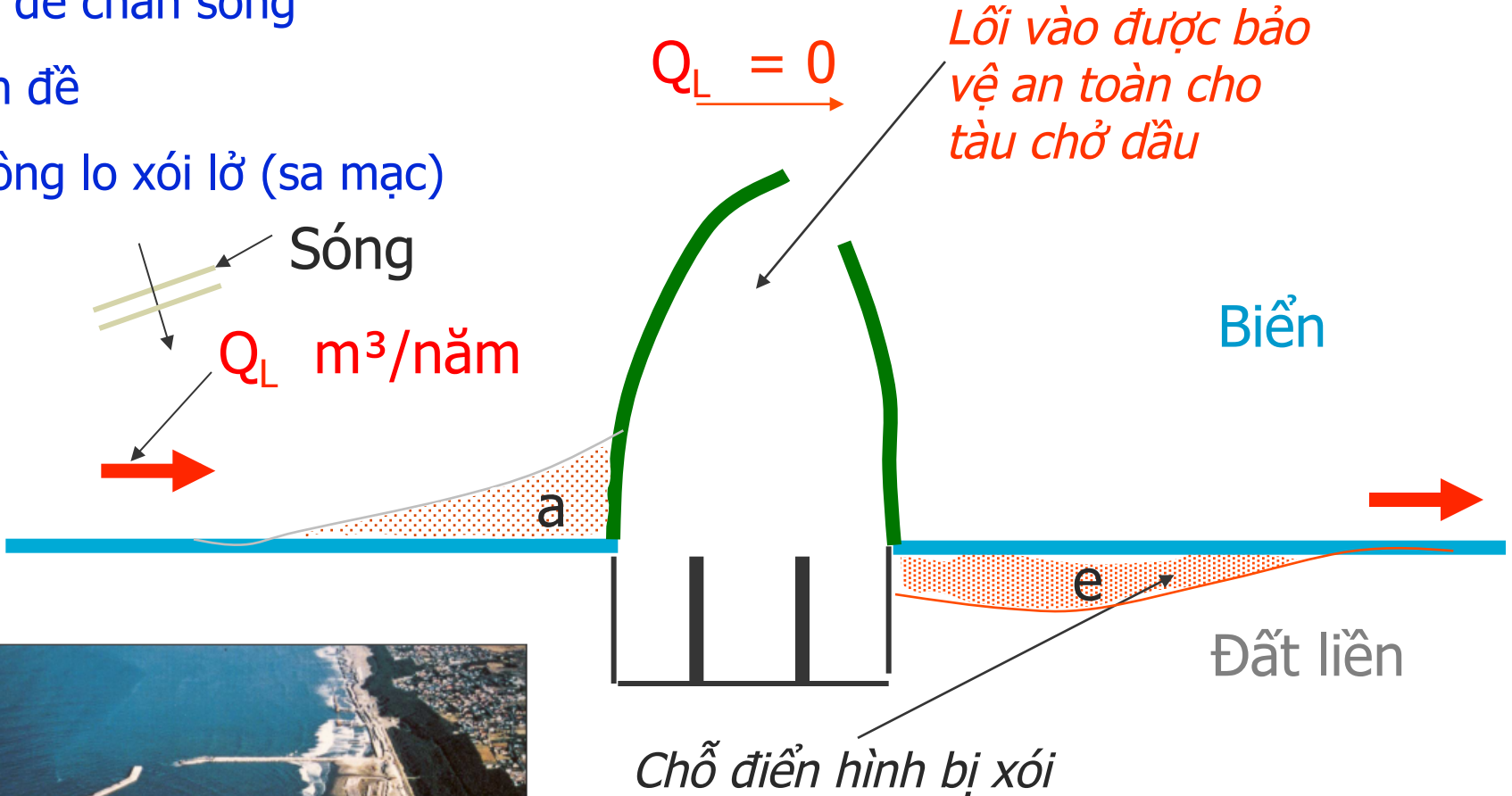
Mất cân bằng VCBC dọc bờ do công trình



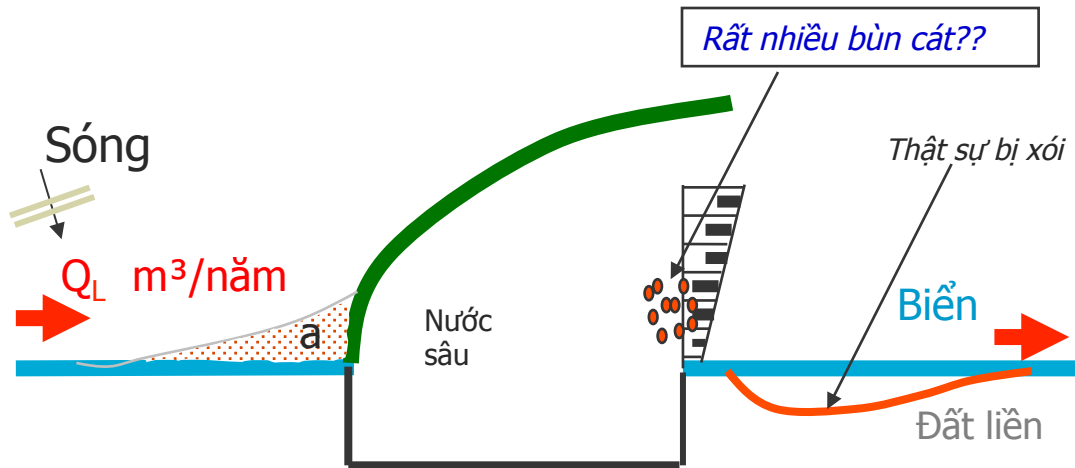
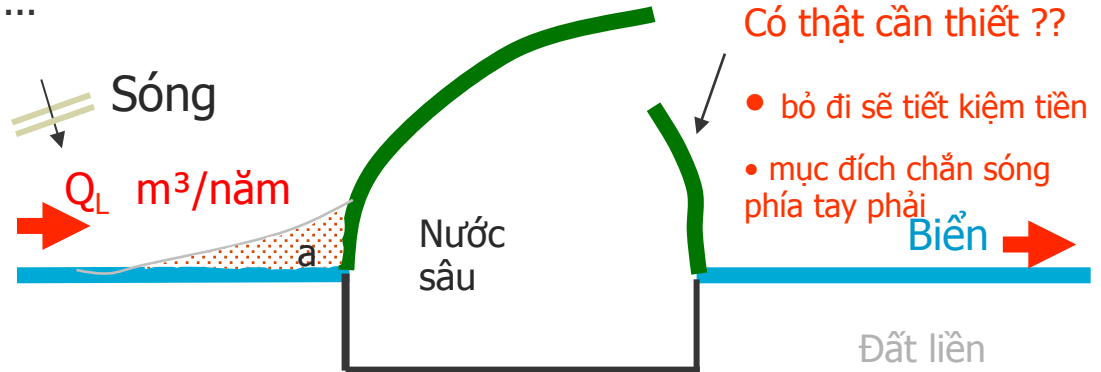
Ý tưởng đầu: theo cách “truyền thống”

- hai đê chắn sóng
- vấn đề
- không lo xói lở (sa mạc)

Ví dụ dự án ở Lybia: cần xây cảng tàu chở dầu. Đường bờ thẳng, sa mạc, sóng chủ đạo 1 hướng.



Vì sóng gần như chỉ tới từ 1 phía ...



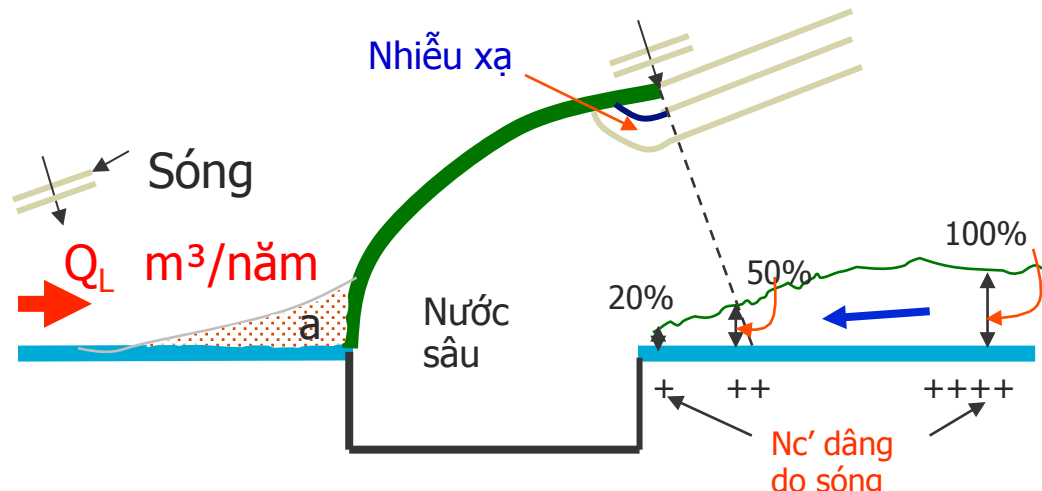
Giải pháp 1 đập chắn sóng

Dự tính:

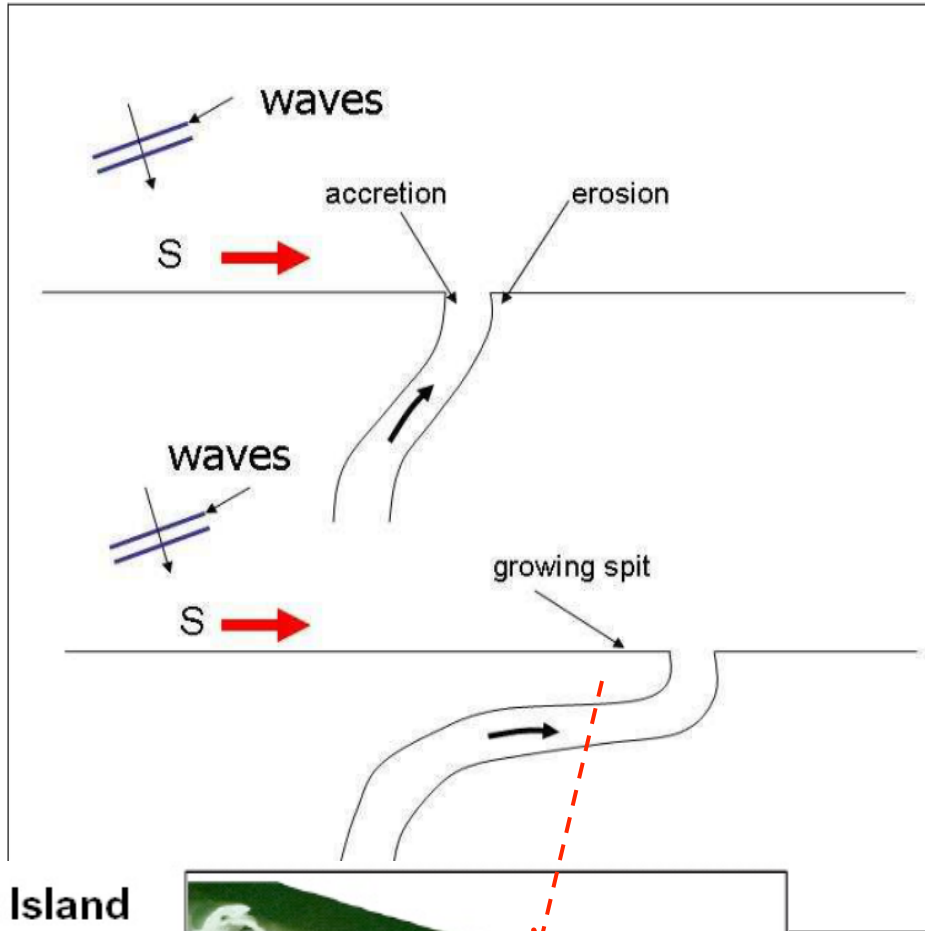
Không có bùn cát bồi lắng trong cảng

Thực tế:

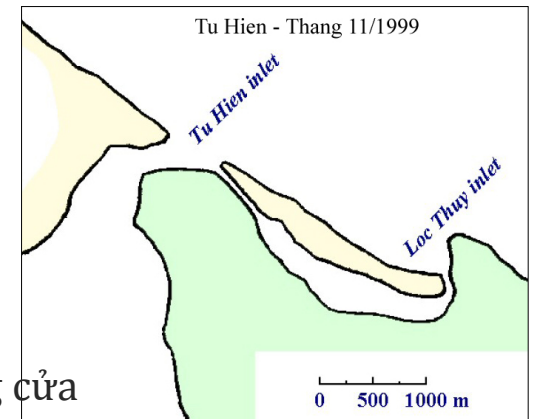
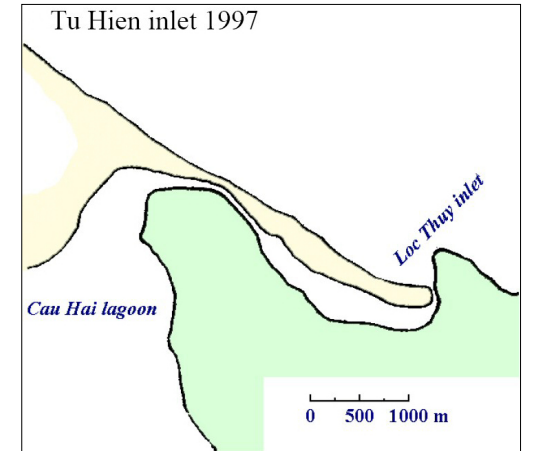
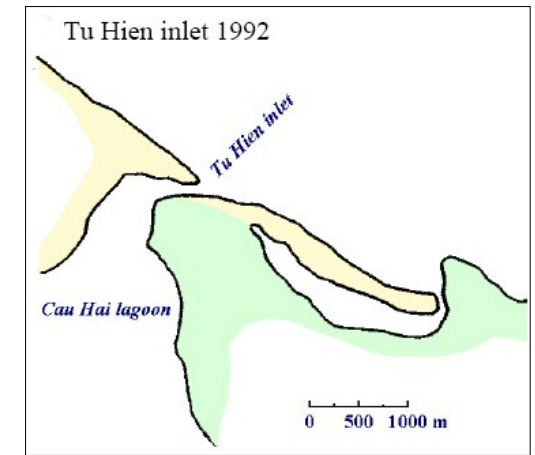
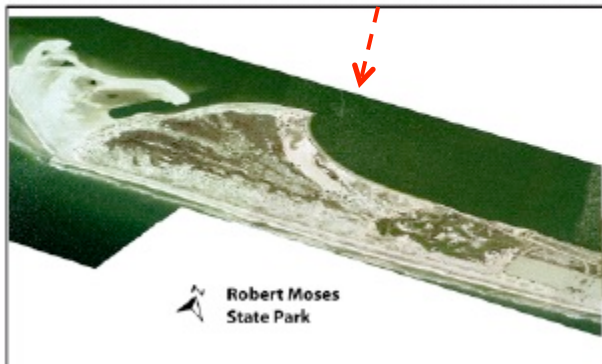
wave set-up thay đổi \rightarrow dòng chảy \rightarrow vận chuyển bùn cát theo hướng “không mong muốn” \rightarrow bồi lắng trong cảng \rightarrow xây dựng đập chắn sóng thứ 2



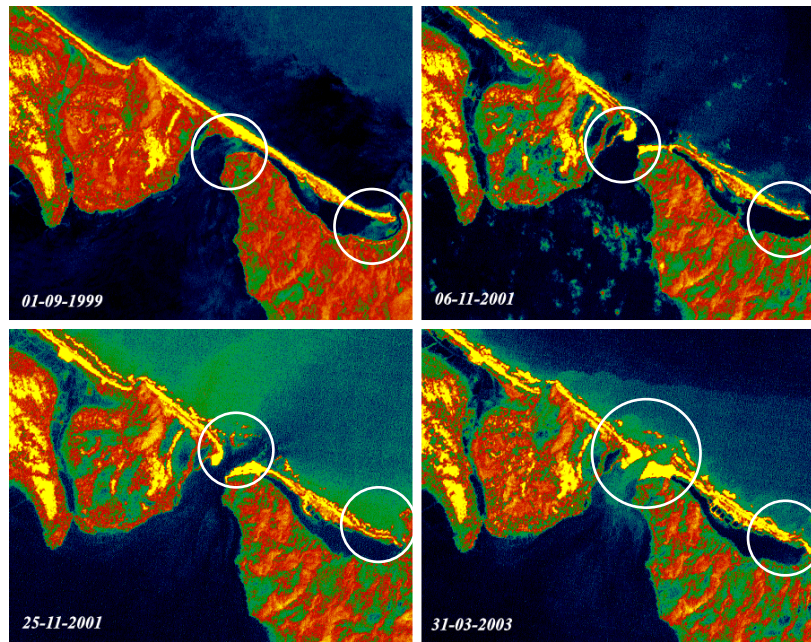
Diễn biến bồi cát cửa sông



Fire Island

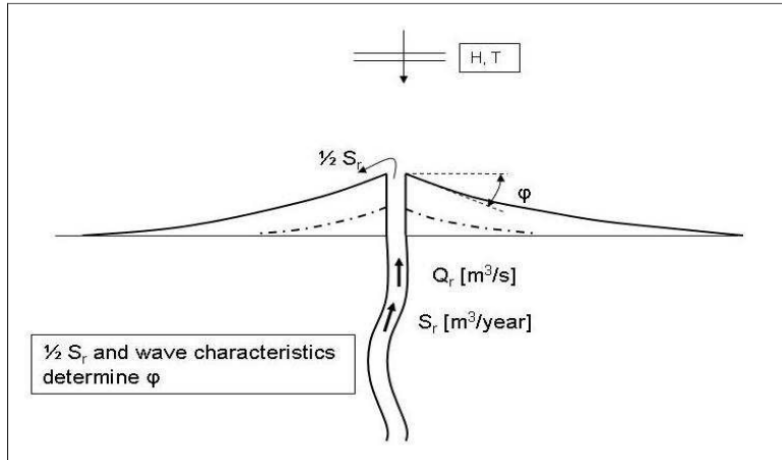


Diễn biến hệ thống cửa
Tư Hiền - Lộc Thủy

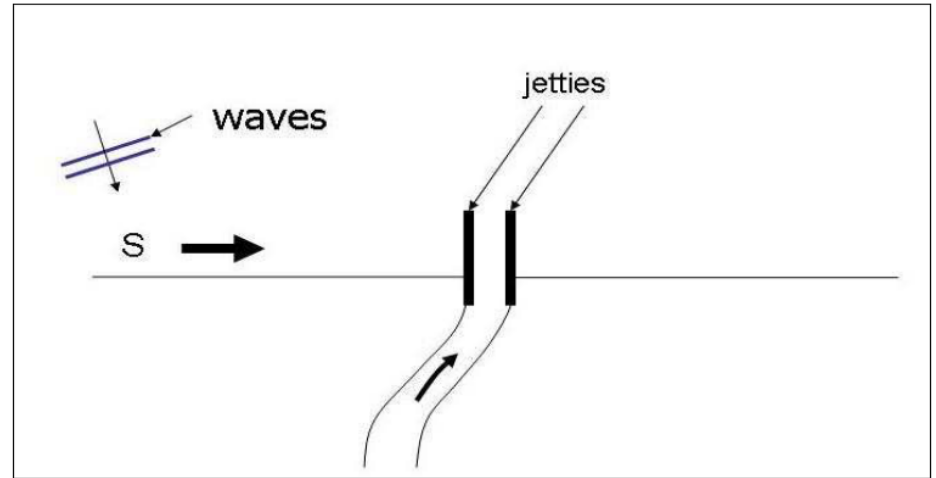


Ảnh hàng không, cửa Tư Hiền 5/2004 (Mindert de Vries) Cửa Lộc Thủy 5/2004, 11/2006

Thay đổi đặc tính dòng sông



Công trình ổn định cửa sông gây biến đổi hình thái



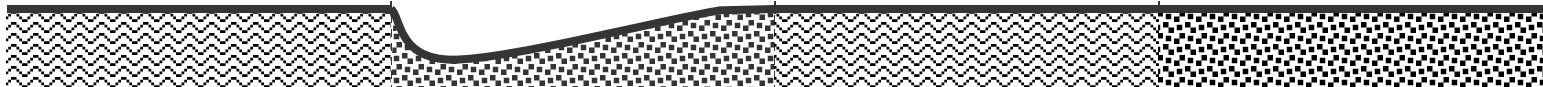
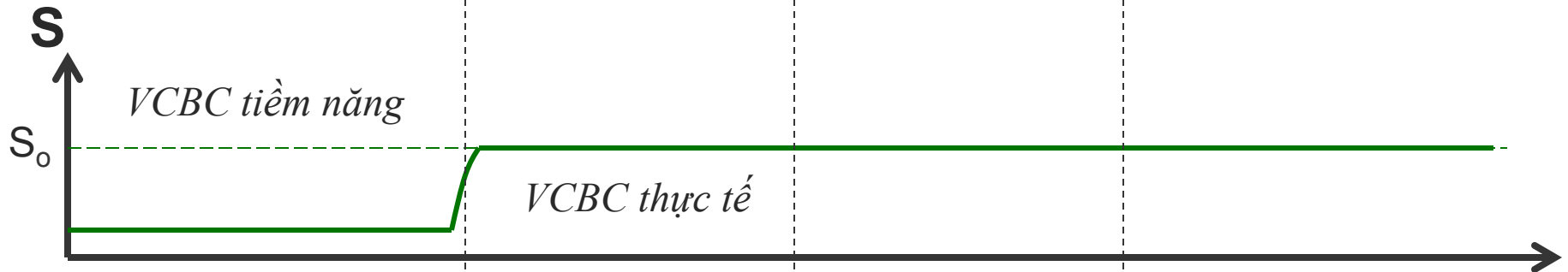
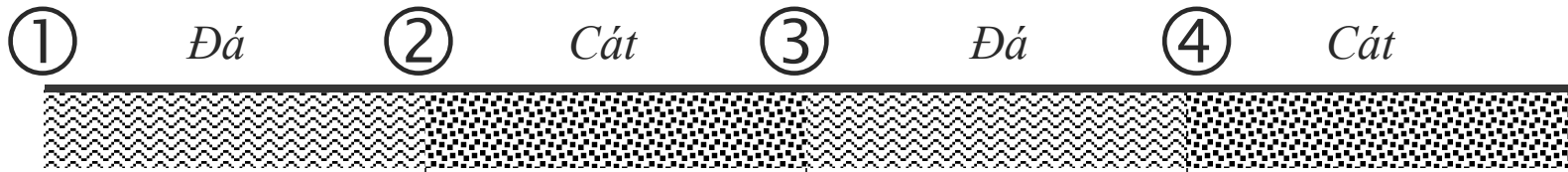
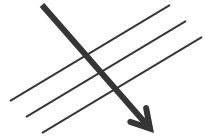
1933

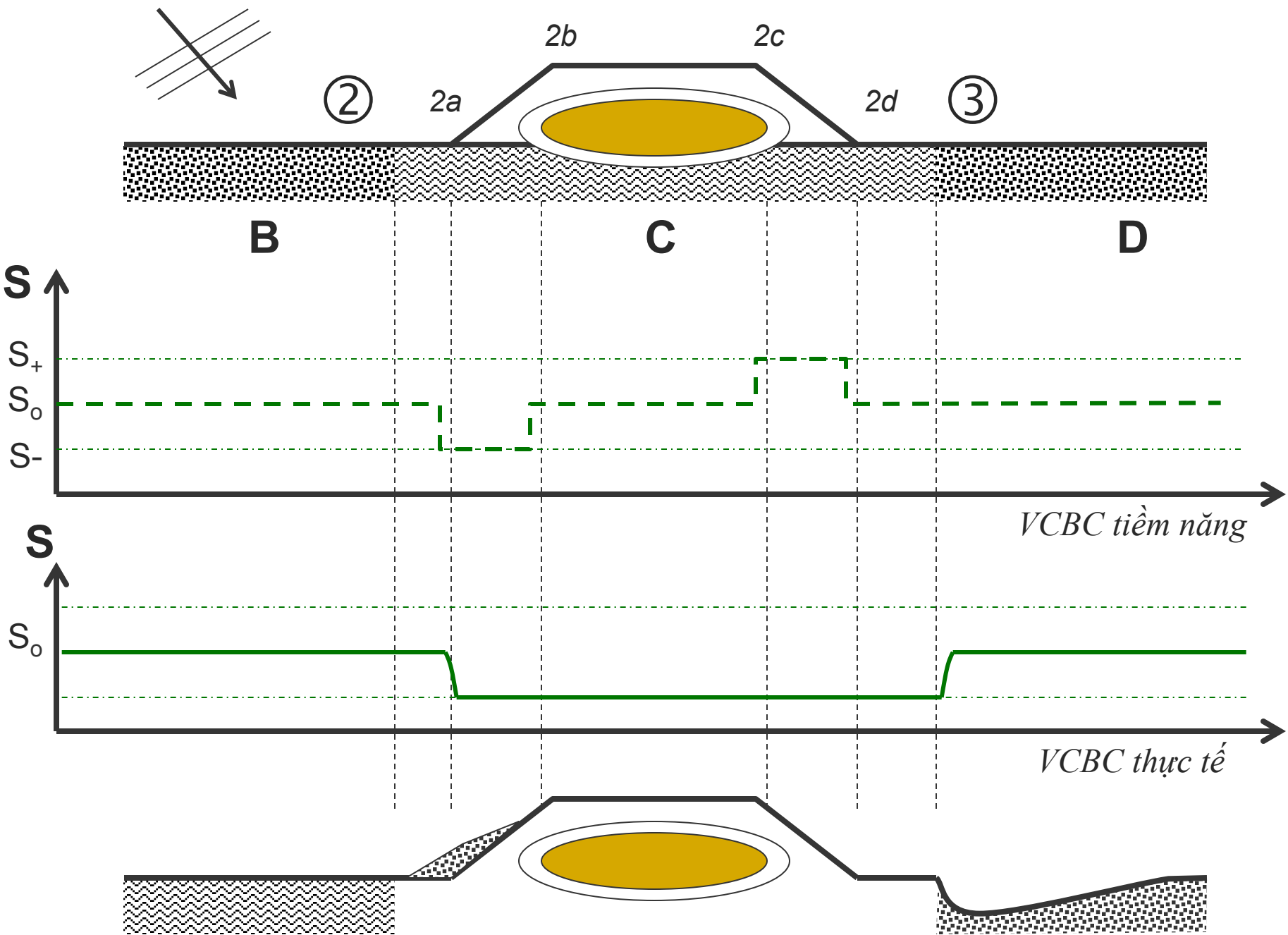


1995

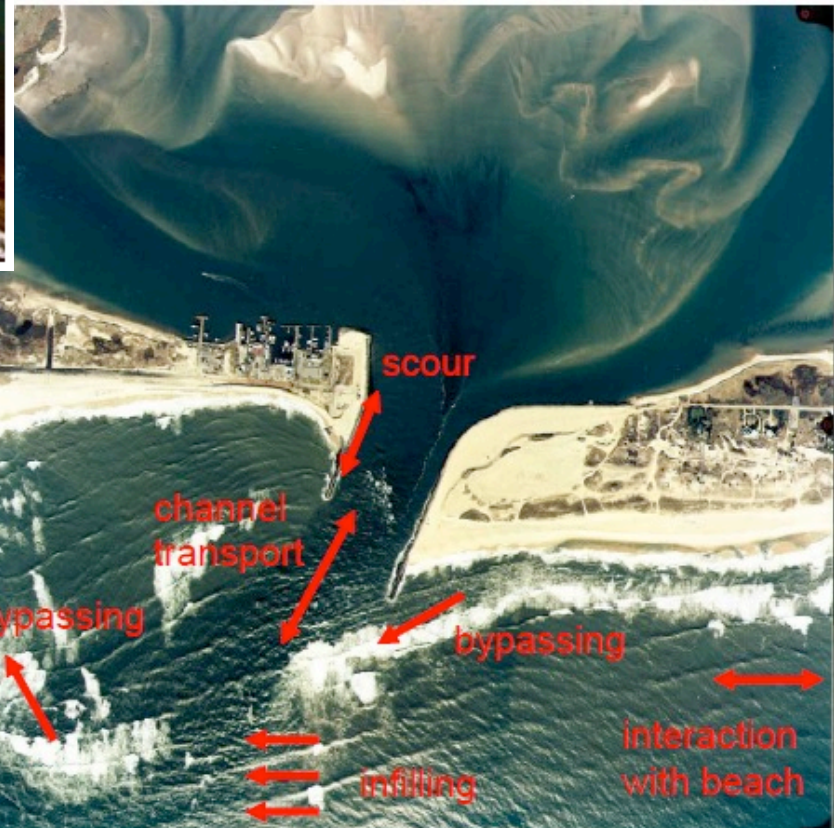
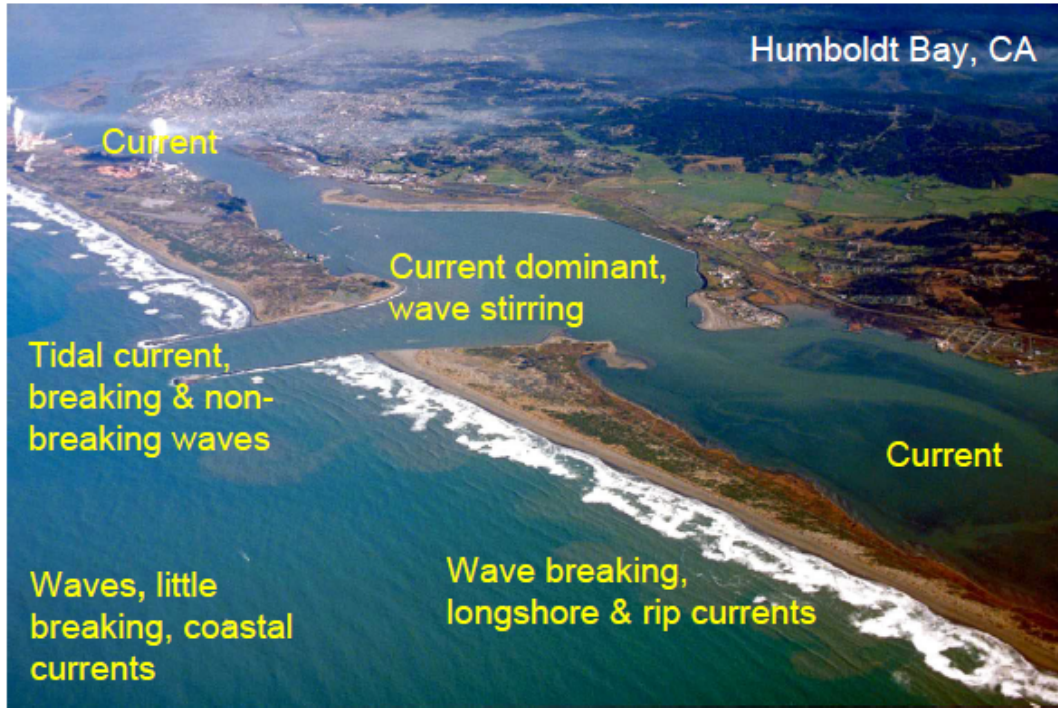
Ocean City

VCBC tiềm năng và VCBC thực tế





VD: Vận chuyển bùn cát tại 1 cửa biển



Tính toán lượng VCBC

Công thức CERC

- Do Trung tâm Nghiên cứu KTB của Mỹ phát triển
- Tính toán **tổng lượng VCBC** dọc bờ trong vùng sóng vỡ
- **Không mô tả phân bố** vận chuyển bùn cát dọc bờ trong vùng sóng đổ
- Thông số trong công thức xác định từ các số liệu đo đạc hiện trường và số liệu trong phòng thí nghiệm
- Quan trắc “lượng VCBC dọc bờ” là hàm số của “năng thông sóng” (*wave energy flux*) trên mỗi mét đường bờ biển
- Lượng VCBC dọc bờ = f(thành phần của năng thông sóng theo hướng dọc bờ (P_L))

$$P = EC_n = EC_g$$

$$P_L = (EC_g)_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b$$

- Năng lượng sóng tại đường sóng vỡ

$$E_b = \frac{1}{8} \rho g H_b^2$$

- Vận tốc nhóm sóng tại đường sóng vỡ

$$C_{gb} = \sqrt{gh_b} = \sqrt{gH_b / \gamma}$$

Công thức CERC

- Lưu lượng VCBC theo hướng dọc bờ I_L có tương quan với P_L

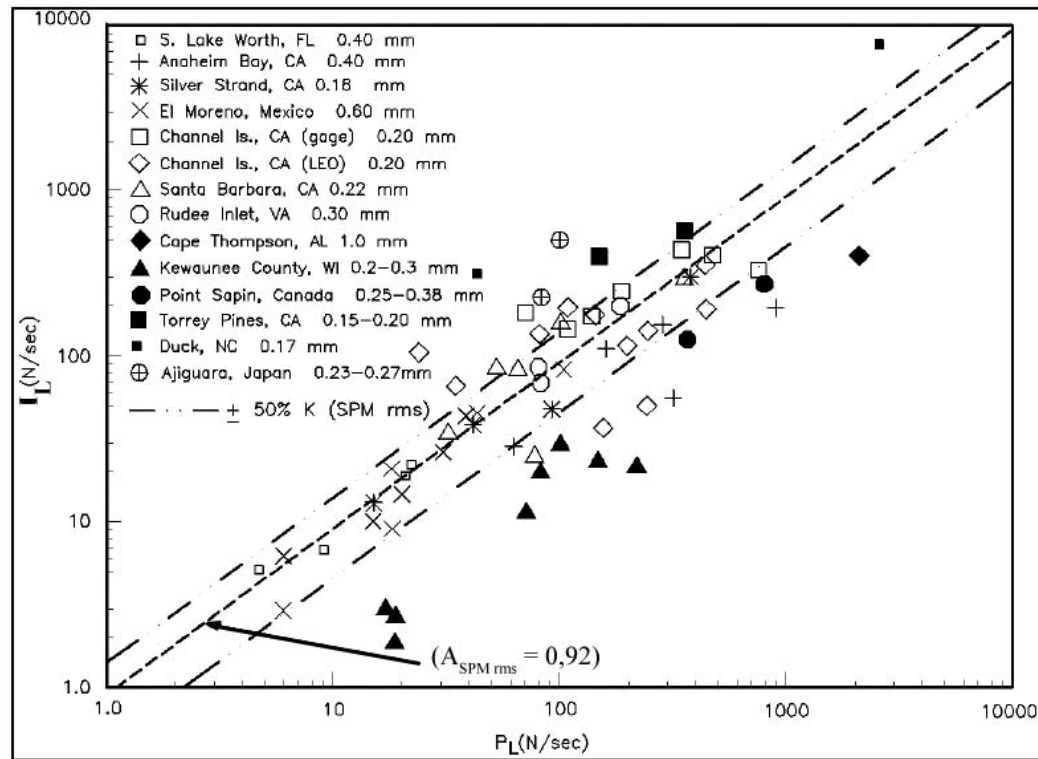
$$I_L = A \times P_L$$

- Biểu diễn dưới dạng lưu lượng thể tích VCBC Q_L qua MCN bãi biển trong 1 đ.vị thời gian (m^3 / ngày hoặc m^3 /năm), bằng cách quy đổi:

$$I_L = (\rho_s - \rho) g (1 - n) Q_L$$

$$Q_L = A \frac{\sqrt{g}}{16\sqrt{\gamma\Delta(1-n)}} H_b^{5/2} \sin 2\varphi_b$$

- hệ số kinh nghiệm không thứ nguyên (A), tùy thuộc vào cách lấy chiều cao sóng vỡ là H_{rms} hay H_s .



($n \approx 0,4$: độ rỗng bùn cát bãi biển)

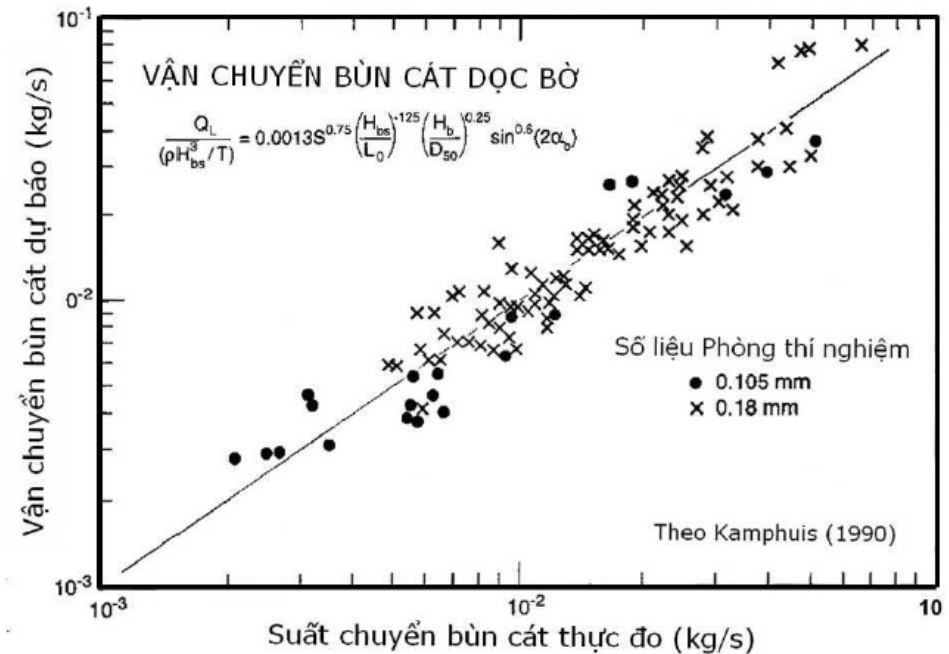
- Trong (SPM, 1984)
 - A lấy theo H_s là $A_{SPM-sig} = 0.39$.
 - A lấy theo H_{rms} là $A_{SPM-rms} = 0.92$;
 - Komar và Inman (1970), hệ số $A_{K\&I\ rms} = 0.77$
- Công thức tính (Komar 1988): $A_{K\ rms} = 1.4 \exp(-2.5D_{50})$
 Trong đó D_{50} tính theo mm

Công thức CERC, hạn chế

- Không cho biết phân bố VCBC dọc bờ theo phương ngang (trường hợp xuất hiện các dải cát, cồn ngầm, hoặc CTBVB ko kéo dài hết vùng sóng đổ)
- Không xét tới đường kính trung bình của bùn cát
- Áp dụng cho bờ biển có đường kính đồng nhất, từ 175 μm tới 1000 μm .
- Không xét tới độ dốc bãi biển
- Không xét thành phần VCBC lơ lửng và VCBC đáy
- Không xét tới ảnh hưởng của dòng triều

Công thức Kamphuis (Queen)

- Cách tiếp cận :
 - Phân tích thứ nguyên,
 - kết hợp với công thức kinh nghiệm
- Dạng công thức



$$\frac{Q_L}{(\rho H_{bs}^3 / T)} = 0.0013 \times (\tan \beta)^{0.75} \left(\frac{H_{bs}}{L_0} \right)^{-1.25} \left(\frac{H_{bs}}{D_{50}} \right)^{0.25} (\sin 2\alpha_b)^{0.6}$$

$$\frac{Q_L}{(\rho H_{bs}^3 / T)} = 0.0006 \times \tan \beta \left(\frac{H_{bs}}{L_0} \right)^{-0.5} \frac{H_{bs}}{D_{50}} \sin 2\alpha_b$$

Công thức Kamphuis: Ưu nhược điểm

- Ưu: Xét tới các thành phần quan trọng ảnh hưởng tới lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ
 - Đường kính hạt
 - Độ dốc bãi biển
 - Góc sóng đổ
 - Độ dốc sóng tại điểm sóng đổ → loại sóng đổ
- Nhược:
 - Bộ số liệu trong phòng thí nghiệm !
 - Số liệu VCBC trong các điều kiện cực hạn (bão)
 - Trong điều kiện sóng bình thường: kết quả tốt
 - Trong điều kiện cực hạn, nhỏ hơn 2 lần so với thực tế

Công thức Bijker

- Không tính trực tiếp Q_L mà tính ra suất VCBC, q , trên một đơn vị bề rộng. Do đó, có thể dùng để tính phân bố vận chuyển bùn cát dọc bờ trong vùng sóng đổ.
- Gồm 2 thành phần VCBC lơ lửng và VCBC đáy: $q = q_b + q_s$.
- VCBC đáy dựa trên công thức của Kalinske-Frijlink (vốn áp dụng cho sông thiên nhiên)
$$q_b = bD_{50}V_* \exp(-0,27 / \mu\theta_{cw})$$
- Công thức VCBC lơ lửng dựa trên công thức của Einstein, $q_s = 1,83Qq_b$, trong đó hệ số Q có chứa các tích phân Einstein nên cần được tra bảng. Q phụ thuộc vào tham số lơ lửng Z và tỉ số k_s/h . (Xem tài liệu môn học *Vận chuyển bùn cát*.)

Công thức Bijker: tác động của sóng

- Hệ số ma sát sóng: theo Swart (1972) hay mới hơn là Nielsen (1992):

$$f_w = \exp \left[5,213 \left(\frac{k_s}{A} \right)^{-0,194} - 5,977 \right] \qquad f_w = \exp \left[5,5 \left(\frac{k_s}{A} \right)^{-0,2} - 6,3 \right]$$

- Trong đó $A = H / 2 \sinh(2\pi h/L)$ ($f_{w \max} = 0,30$).

- Ứng suất tổng cộng do sóng + dòng chảy: làm đổi hướng và độ lớn của ứng suất τ_c chỉ do dòng dọc bờ gây ra.

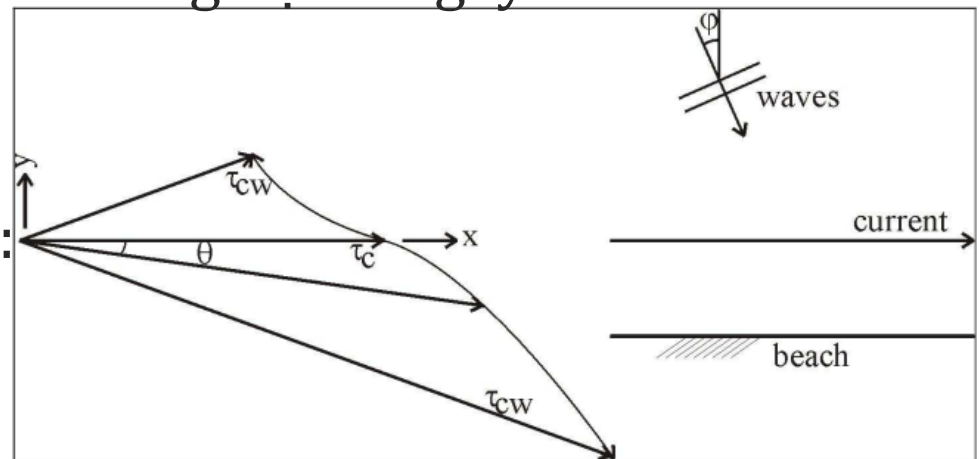
- Thể hiện qua số Shields:

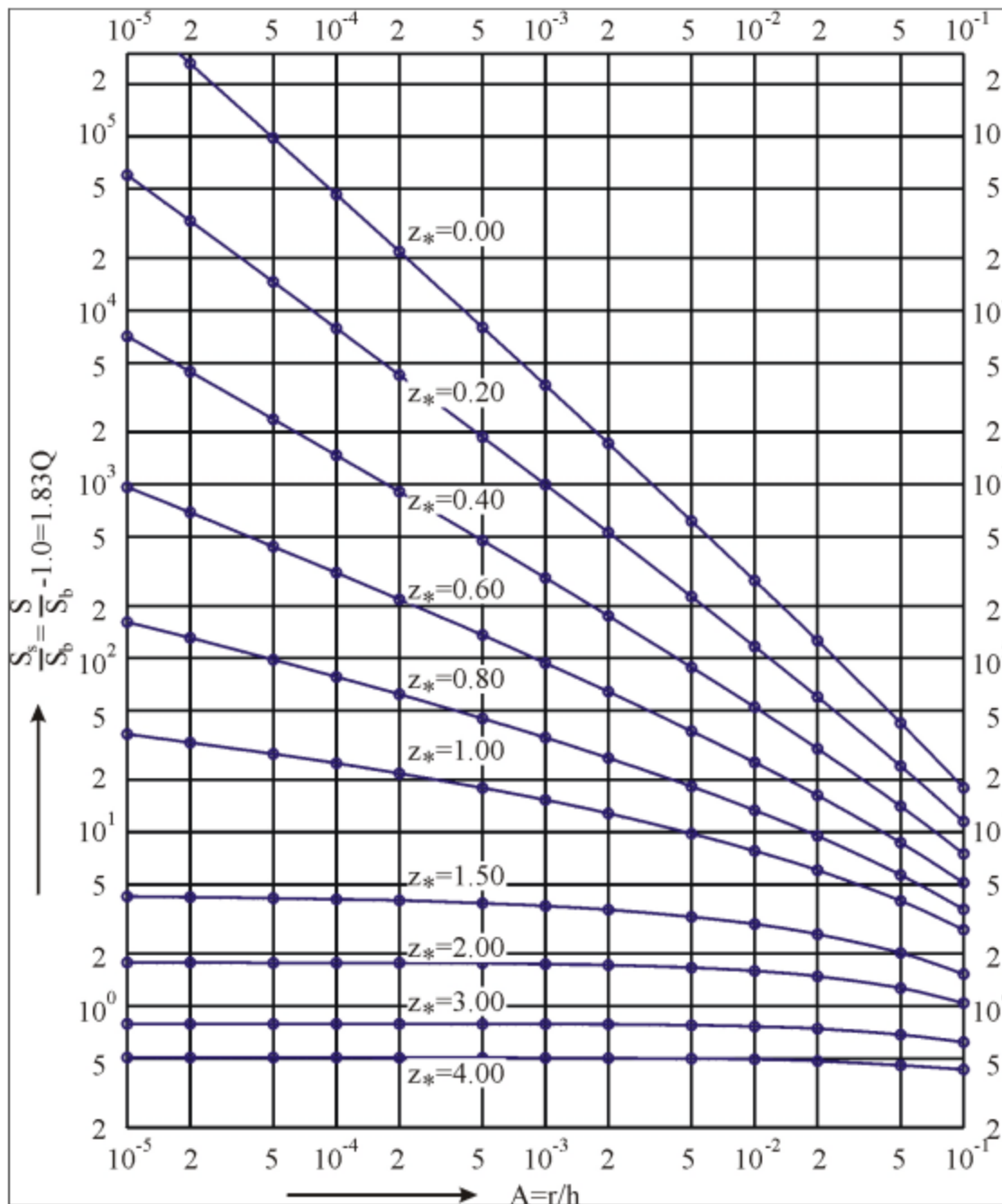
- $\theta_{cw} = V_{*cw}^2 / \Delta g D_{50}$

- “Vận tốc ma sát tổng hợp”:

- $V_{*cw} = V_* \sqrt{1 + \frac{1}{2} \left(\xi \frac{u}{V} \right)^2}$

- Hệ số Bijker: $\xi = C \sqrt{\frac{f_w}{2g}}$





- Biểu đồ tra tỉ số q_s / q_b
- Lưu ý: tỉ số này bằng $1,83Q$.

a thickness of the bottom layer
 z_* Rouse number defined as:

$$z_* = \frac{w}{\kappa v_*}$$

Ví dụ

- *Cho biết:* độ sâu nước $h = 3$ m; độ nhám $r = k_s = 0,06$ m; vận tốc TB $V = 1$ m/s; kích cỡ hạt $D_{50} = 200$ μm ($w_s = 0,025$ m/s) và $D_{90} = 300$ μm ; chiều cao sóng nước sâu $H_0 = 1,18$ m; chu kì sóng $T = 8$ s.
- *Yêu cầu:* dùng công thức Bijker để tính lượng VCBC chỉ do dòng chảy và do cả sóng+dòng chảy.
- *Đáp số:*
 - Trường hợp chỉ có dòng chảy: $q = 2,52 \times 10^{-4}$ m²/s; $q_s \approx 6 q_b$.
 - Trường hợp sóng+dòng chảy: $q = 1,404 \times 10^{-3}$ m²/s; $q_s \approx 25 q_b$.
- *Nhận xét kết quả:* Tác dụng của sóng rất đáng kể đến lượng VCBC; sự kết hợp sóng+dòng chảy làm tăng q lên gấp $\sim 5,6$ lần so với khi chỉ có dòng chảy. Khi có sự kết hợp này, lượng VCBC đáy chỉ chiếm khoảng 4% của q .

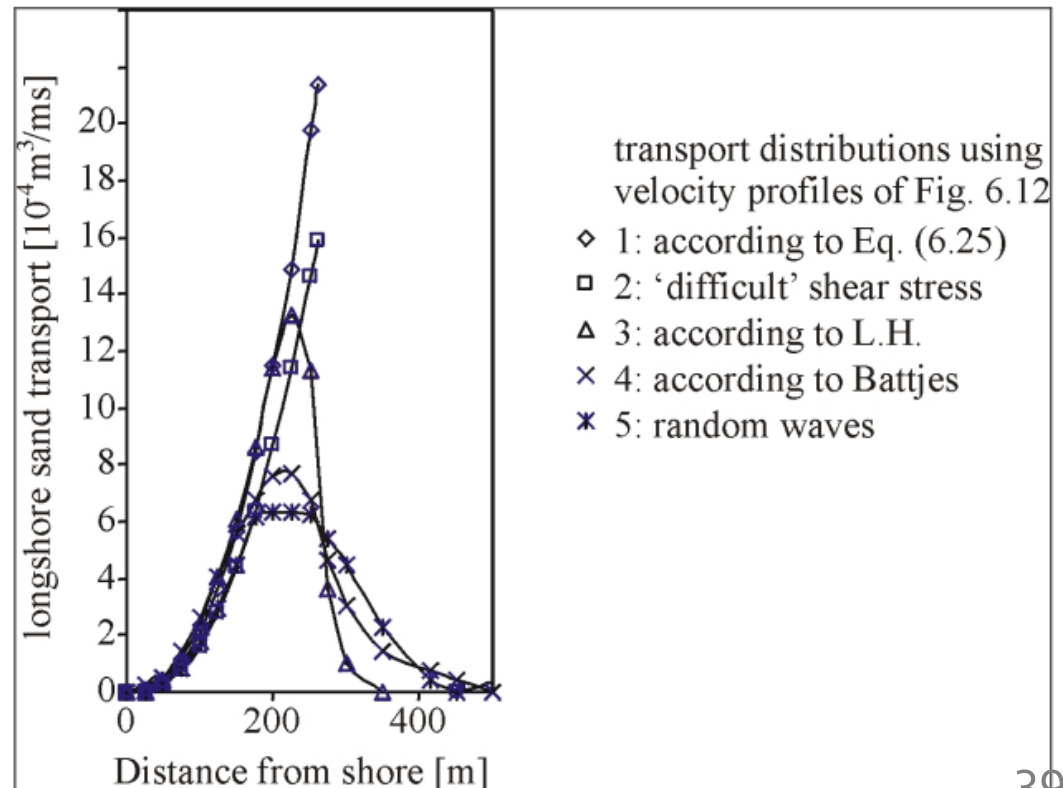
Ví dụ

- *Cho biết:* độ dốc bãi $\tan\beta = 0,01$; hệ số sóng vỡ $\gamma = 0,0$; độ nhám $r = 0,06$ m; kích cỡ hạt $D_{50} = 200 \mu\text{m}$ ($w_s = 0,0252$ m/s) và $D_{90} = 270 \mu\text{m}$; chiều cao sóng $H = 2$ m; chu kì sóng $T = 7$ s; góc sóng nước sâu $\varphi_0 = 30^\circ$.
- *Yêu cầu:* dùng công thức Bijker để tính suất VCBC.
- *Gợi ý,* trước hết tính phân bố lưu tốc và lập bảng.

y	h	H	\hat{u}_0	V	μ	f_w	ξ	V_{*cw}	z_*	r/h	S_b	Q	S
[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[-]	[-]	[-]	[m/s]	[-]	[-]	[m ³ /ms]	[-]	[m ³ /ms]
											$\times 10^{-5}$		$\times 10^{-4}$
0	0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
25	0.25	0.2	0.62	0.05	0.27	0.06	1.76	0.08	0.79	0.24	0.3	0.96	0.1
50	0.50	0.4	0.87	0.12	0.31	0.05	1.87	0.10	0.62	0.12	0.8	2.26	0.4
75	0.75	0.6	1.06	0.22	0.33	0.05	1.92	0.12	0.54	0.08	1.4	3.67	1.1
100	1.00	0.8	1.22	0.32	0.35	0.04	1.95	0.13	0.49	0.06	2.1	4.18	1.8
125	1.25	1.0	1.35	0.42	0.36	0.04	1.98	0.14	0.45	0.05	2.7	6.84	3.7
150	1.50	1.2	1.47	0.54	0.37	0.04	2.00	0.15	0.42	0.04	3.4	8.60	5.7
175	1.75	1.4	1.58	0.65	0.38	0.04	2.02	0.16	0.39	0.03	4.1	10.71	8.4
200	2.00	1.6	1.67	0.78	0.38	0.04	2.03	0.17	0.37	0.03	4.8	12.62	11.5
225	2.25	1.8	1.76	0.90	0.39	0.04	2.04	0.18	0.36	0.03	5.5	14.24	14.9
259	2.59	2.1	1.87	1.08	0.39	0.03	2.06	0.19	0.34	0.02	6.5	17.41	21.3

Nhận xét

- Lưu lượng bùn cát lơ lửng trong ví dụ khá lớn so với lưu lượng bùn cát đáy.
- Tính tổng lượng VCBC dọc bờ bằng cách tích phân suất VCBC trên vùng có VCBC của mặt cắt.
- Dù có khác biệt đáng kể giữa các dạng phân bố nhưng kết quả cuối cho thấy tổng lượng VCBC tính được không biến động đáng kể theo các dạng phân bố; tất cả những lượng VCBC tính được đều nằm trong một phạm vi.
- Từ quan điểm năng lượng, điều này không quá ngạc nhiên vì trong mỗi trường hợp tính, có cùng lượng 'vận chuyển năng lượng'.
- Do vậy, nếu vì cách lựa chọn một dạng phân bố vận tốc mà ở chỗ này vận tốc (và suất chuyển cát) có giảm đi thì sẽ có chỗ khác trên mặt cắt ngang, vận tốc (và suất chuyển cát) tăng lên.



Kiểm tra độ nhạy của tham số

- Tổng lượng VCBC được tính cho các giá trị khác nhau của k_s , D_{50} , $\tan\beta$ và γ .
- Tổng lượng VCBC giảm rõ rệt khi độ nhám đáy tăng.
- Kích cỡ hạt ảnh hưởng nhiều đến tổng lượng VCBC.
- Bãi biển dốc hơn thì có dải sóng vỡ hẹp hơn và dải VCBC hẹp hơn. Tuy nhiên, kết quả tính độ nhạy cho thấy rằng tổng lượng VCBC, khi tích phân trên toàn dải sóng vỡ, thì thay đổi không nhiều.
- Kết quả còn cho thấy ảnh hưởng của chỉ số sóng vỡ γ không đáng kể đến tổng lượng VCBC nhưng có ảnh hưởng lớn đến phân bố VCBC.

