

TÍNH TOÁN PHÂN BỐ DÒNG CHẢY HỆ THỐNG KÊNH ĐÔI - TÊ - LÒ GỐM - BẾN NGHÉ - TÀU HỦ TẠI THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

ThS. Nguyễn thế Hào - Trung tâm KTTV phía Nam
TS. Lê Song Giang - Trường Đại học Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh

1. Giới thiệu

Vị trí và chế độ thủy lực, thủy văn: Hệ thống kênh Tàu Hủ - Bến Nghé - Đôi - Tê - Lò Gốm nằm trong khu vực thành phố Hồ Chí Minh (Hình H.1). Chế độ thủy lực trong các mạng kênh chịu ảnh hưởng chủ yếu từ các sông lớn là sông Sài Gòn, Đồng Nai và sông Vàm Cỏ Đông. Cũng như trong các sông lớn, dòng chảy trong các kênh của mạng chịu ảnh hưởng rất mạnh của thủy triều biển Đông và cũng có chế độ bán nhật triều không đều. Ngoài ra, chế độ thủy lực của các mạng kênh này còn chịu ảnh hưởng từ các nguồn nước cục bộ khác:

- Nước thải sinh hoạt,
- Nước thải-sản xuất, kinh doanh,
- Nước mưa.

Các nghiên cứu, khảo sát đã được thực hiện

Khảo sát thủy lực: Nhiều đợt đo đặc mực nước, lưu lượng trong hệ thống kênh đã được thực hiện bởi nhiều cơ quan, đơn vị khác nhau:

- Đợt đo từ 29-XI-1990 đến 4-XII-1990 đã cho mực nước và lưu tốc tại ba điểm: Rạch Cát (trên kinh Đôi), Rạch Cát (trên kinh Lò Gốm) và Hậu Giang (trên kinh Lò Gốm).
- Đợt đo từ 9-V-1996 đến 26-V-1996 đã cho mực nước tại tám trạm và điểm: Tân Thuận, Cầu chữ Y, Phú Định, Chợ Đệm, Rạch Cát, Chợ Bến Lức, Phú An, Bến Lức.
- Đợt đo từ 5-IX-1998 đến 20-IX-1998 đã cho mực nước tại Rạch Cát.

Yêu cầu tính toán: Tính toán này nhằm nghiên cứu khả năng tiêu thoát nước mưa, phân dòng của hệ thống các kênh rạch trong trường hợp có một cơn mưa lớn xảy ra trên diện rộng, với thời gian kéo dài.

2. Sơ đồ mạng lưới kênh Lò Gốm - Tàu Hủ - Bến Nghé - Kênh Đôi - Kênh Tê

Hệ thống kênh Lò Gốm - Tàu Hủ - Bến Nghé - Đôi - Tê được mô hình hóa thành sơ đồ tính toán như hình H.2. Mạng kênh tính toán được lấy rộng hơn khu vực nghiên cứu, với biên được lấy tại các sông lớn, nơi hầu như không chịu tác động của các thay đổi cục bộ trong khu vực nghiên cứu. Mạng kênh gồm 41 nhánh kênh, nối với nhau ở 33 nút, được chia thành 121 đoạn tính với 162 mặt cắt tính toán. Chiều dài các đoạn tính được lấy trong khoảng 180 - 500m. Riêng trên các kênh bên ngoài khu vực nghiên cứu, chiều dài các đoạn tính được lấy lớn hơn, khoảng 1000 - 2000m.

3. Phương pháp tính

a. Phương trình cơ bản

Dòng chảy không ổn định trong các kênh được quan niệm là dòng chảy một chiều và mô tả bởi phương trình Saint-Venant. Phương trình này được viết:

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{B} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{q}{B} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial z}{\partial x} + gA \frac{|Q|Q}{K^2} - \left(u_a - \frac{Q}{A} \right) q = 0 \quad (2)$$

Với z - cao độ mực nước trong kênh,

Q - lưu lượng dòng chảy,

q - lưu lượng nhập lưu trên một đơn vị chiều dài dòng chảy,

u_a - thành phần vận tốc dọc dòng chảy của lưu lượng nhập lưu,

A - diện tích mặt cắt ướt,

B - bề rộng mặt thoáng,

K - modul lưu lượng,

g - gia tốc trọng trường.

Hai phương trình trên chứa hai ẩn số là z và Q . Các thông số A , B , K phụ thuộc vào mực nước z tại từng thời điểm và thay đổi tùy theo mặt cắt.

Điều kiện ban đầu và điều kiện biên:

Phương trình Saint - Venant (1) - (2) là phương trình vi phân đạo hàm riêng theo thời gian và theo không gian. Để giải phương trình này ta cần có các điều kiện ban đầu và các điều kiện biên. Điều kiện ban đầu là mực nước và lưu lượng trong kênh tại thời điểm bắt đầu tính.

Điều kiện biên là các quá trình mực nước và lưu lượng theo thời gian tại các mặt cắt biên của mạng kênh tính toán. Các tính toán trong báo cáo này được thực hiện với điều kiện biên là các quá trình mực nước. Do trong thời gian tính không có số liệu đo đồng bộ nên chúng tôi đã chọn mực nước tại các nút biên lấy từ kết quả tính của sông Sài Gòn - Đồng Nai làm điều kiện biên để tính toán đối với hệ thống kênh Tàu Hủ - Bến Nghé - Đồi - Tẻ - Lò Gốm.

b. Phương pháp giải

Phương trình Saint - Venant (1) - (2) được giải theo phương pháp sai phân hữu hạn, xây dựng trên cơ sở sơ đồ Preissmann [1, tr. 65]. Phương pháp giải này được trình bày chi tiết trong các tài liệu tham khảo [2 - 3]. Ở đây phương pháp giải chỉ được trình bày tóm tắt. Đầu tiên, ta phân tích mạng lưới kênh thành các nhánh kênh. Chúng nối với nhau ở các nút. Sau đó, các nhánh kênh được chia thành $(N-1)$ đoạn tính, phân cách bởi N mặt cắt. Cho mỗi nhánh kênh, hệ phương trình vi phân (1) - (2) được phân rã theo các biểu thức sai phân, tuyến tính hóa thành một hệ phương trình đại số tuyến tính dạng:

$$\begin{cases} \Delta z_i - g_{1i} \Delta Q_i + \Delta z_{i+1} + g_{1i} \Delta Q_{i+1} = g_{2i} \\ -g_{4i} \Delta z_i + g_{3i} \Delta Q_i + g_{4i} \Delta z_{i+1} + g_{3i} \Delta Q_{i+1} = g_{6i} \end{cases} \quad (i = 1, 2, \dots, N-1) \quad (3)$$

Với Δz_i và ΔQ_i là biến thiên của mực nước và lưu lượng tại mặt cắt thứ i sau mỗi bước thời gian tính; g_{ij} là các hệ số. Phương trình (3) được khử các ẩn số tại các mặt cắt trung gian để còn lại hai phương trình cho biến thiên lưu lượng tại hai mặt cắt đầu và cuối kênh:

$$\begin{cases} \Delta Q_1 = S_{11} \Delta z_1 + S_{12} \Delta z_N + R_1 \\ \Delta Q_N = S_{21} \Delta z_1 + S_{22} \Delta z_N + R_2 \end{cases} \quad (4)$$

Phương trình (4) được thay vào phương trình bảo toàn thể tích tại các nút với giả thiết mực nước tại các mặt cắt cùng nối với một nút là bằng nhau để thu được hệ phương trình cho mực nước tại các nút:

$$[K][\Delta z] = [F] \quad (5)$$

Hệ (5) được giải cùng với các điều kiện biên để có mực nước tại các nút. Sau đó giải hệ phương trình (3) để được mực nước và lưu lượng tại tất cả các mặt cắt trên các nhánh của hệ thống kênh tại từng thời điểm tính.

4. Tính toán

a. Tính toán kiểm tra mô hình

Thời gian tính được chọn lựa từ ngày 9-V-1996 tới ngày 26-V-1996. Chúng tôi tiến hành so sánh mực nước tính toán và mực nước thực đo tại các điểm Phú An, Tân Thuận, cầu Chữ Y, Phú Định, Chợ Đệm và Bến Lức đưa tới các nhận xét sau:

- Mực nước tính toán và mực nước thực đo tại các trạm có pha gần như trùng khớp hoàn toàn.

- Biên độ mực nước tính toán khá khớp với biên độ mực nước thực đo tại các trạm.

Từ các nhận xét trên, ta có thể kết luận mạng lưới hệ thống kênh đã được mô hình hoá phù hợp với thực tế và điều kiện biên đã được tính toán khá chính xác.

Chúng tôi tiến hành tính toán phân bố dòng chảy trong hệ thống kênh cho hai phương án: “không mưa” và “có mưa”.

b. Tính toán phân bố dòng khi có mưa lớn

Các tính toán đã được thực hiện cho thời gian từ 0 giờ ngày 6-XI-1998 tới 0 giờ ngày 11-XI-1998 theo hai phương án “không có” và “có” mưa.... Đây là đợt mưa lớn ngày 9-XI-1998, chúng tôi tiến hành tính toán sự ảnh hưởng của mưa đến phân bố dòng chảy hệ thống kênh Bến Nghé - Tàu Hủ - Đồi - Tẻ - Lò Gốm. Theo tài liệu thì đây là cơn mưa lớn diện rộng trên toàn thành phố, bắt đầu lúc 15 giờ 20 phút và kết thúc lúc 21 giờ 50 phút với lượng mưa tổng cộng là 159,9mm.

Các hình H.3a - H.3c, H.4a - H.4b, H.5a - H.5b so sánh mực nước, lưu lượng và vận tốc tính toán tại các mặt cắt giữa hai phương án nêu trên. Ta có các nhận xét:

- Khi không mưa, chế độ thủy lực trong các kênh trong hệ thống bị chi phối hầu như hoàn toàn bởi thủy triều trong các sông Sài Gòn, Nhà Bè và Vàm Cỏ Đông. Mực nước trong các kênh thay đổi khá giống nhau và lên xuống trong khoảng -1,1m đến 1,5m. Tại cầu chữ Y (kênh Đồi), lưu lượng cực đại lúc chảy vào có thể đạt xấp xỉ 298 m³/s tương đương với vận tốc 0,327 m/s và lúc chảy ra lưu lượng cực đại đạt xấp xỉ 232 m³/s tương đương với vận tốc 0,244 m/s. Tại Phú Định (Rạch Cát), lưu lượng cực đại lúc chảy theo hướng về Bến Lức có thể đạt xấp xỉ 87 m³/s ứng với vận tốc 0,640 m/s và lúc chảy ngược lại lưu lượng cực đại đạt xấp xỉ 126 m³/s ứng với vận tốc 0,864 m/s.

- Nhìn chung mực nước trong mạng kênh thay đổi không đáng kể do cơn mưa có lượng nước nhiều, ngoại trừ mực nước trong kênh Tân Hóa - Lò Gốm. Lý do của

sự thay đổi rõ rệt mực nước trong kênh Tân Hóa - Lò Gốm là do mưa lớn mà kênh này tiết diện khá nhỏ, bị lấn chiếm và đổ rác rất nhiều xuống lòng kênh, khiến lòng kênh bị thu hẹp và cạn dần, lại tiêu thoát nước cho một lưu vực khá lớn.

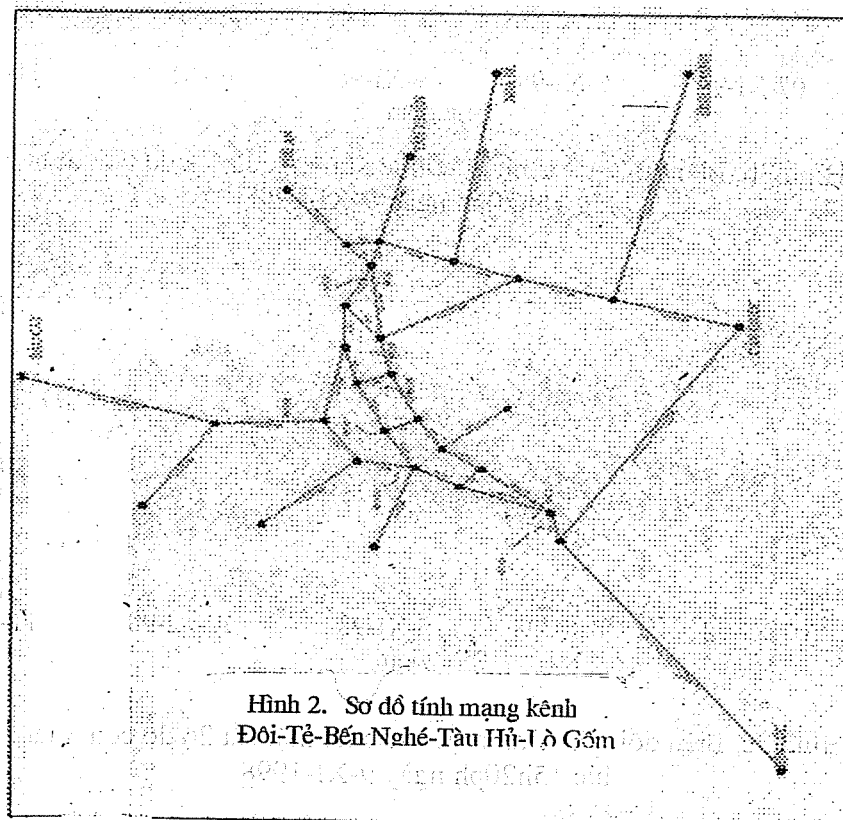
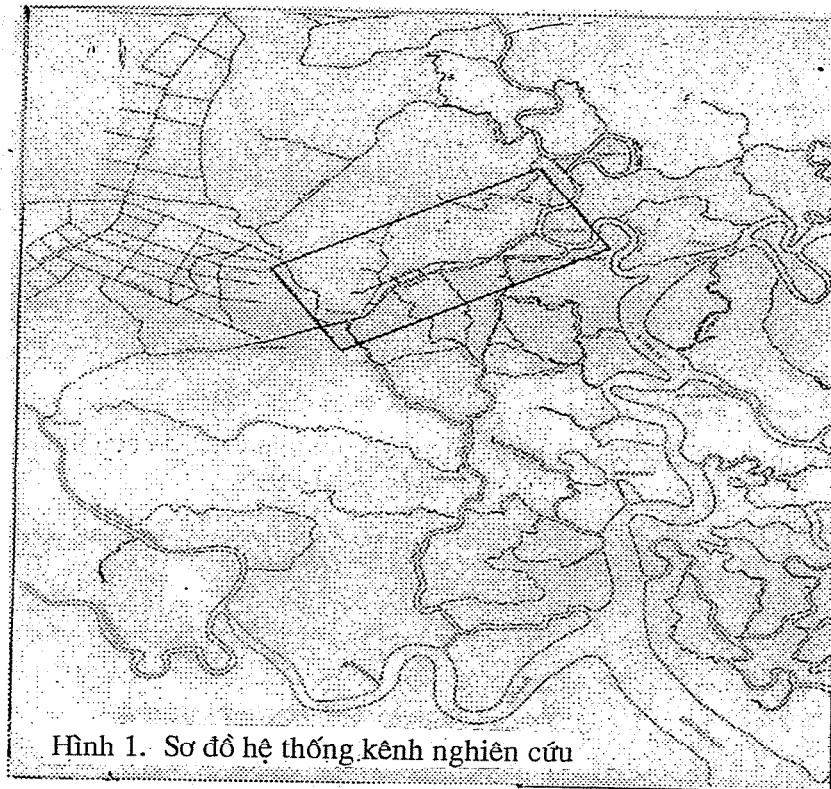
- Lưu lượng và vận tốc dòng chảy thay đổi hướng trong thời gian mưa. Dòng chảy đã bị đổi ngược chiều, từ chảy vào thành chảy ra khỏi lưu vực. Tại cầu Chữ Y mực nước gần như không thay đổi, lưu lượng và vận tốc bị đổi chiều chảy khi mưa có cường độ lớn. Tại cầu Hậu Giang (kênh Lò Gốm) mực nước tăng nhanh khi có mưa, lưu lượng và vận tốc đổi chiều chảy khi mưa có cường độ lớn, còn trị số tăng khá cao.

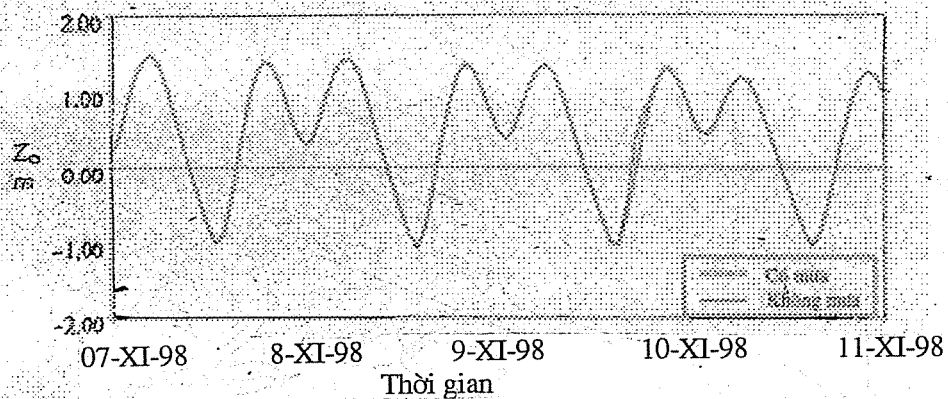
5. Kết luận

Hệ thống kênh Bến Nghé - Đới - Tẻ - Tàu Hủ không bị ảnh hưởng nhiều khi gặp mưa to. Ngoại trừ kênh Lò Gốm - Tân Hóa bị ảnh hưởng mưa khá nhiều. Để thông thoáng luồng lạch kênh Lò Gốm - Tân Hóa cần phải nạo vét, giải tỏa những lấn chiếm lòng kênh, cấm đổ rác xuống kênh, tạo điều kiện dòng kênh chảy mạnh theo ảnh hưởng thủy triều.

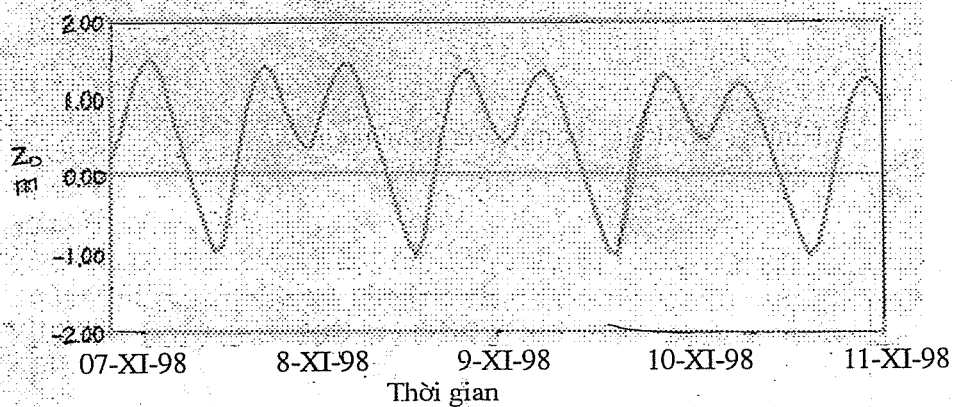
Tài liệu tham khảo

1. I.A. Cung, F.M. Holly and A. Verwey. Practical Aspects of Computational River Hydraulics, Pitman Advanced Publishing Program, London, 1980. Bản dịch tiếng Nga của NXB EnergoAtomizdat, 1985.
2. Lê Song Giang, Huỳnh Công Hoài, Trương Văn Hiếu. Mô phỏng số chế độ thủy lực kênh Tự Tải, Hội nghị Cơ học thủy khí với môi trường, Đà Nẵng, ngày 28 đến ngày 30-VII-1998.
3. Lê Song Giang. Phần mềm MK4 tính toán thủy lực và vận tải chất trong kênh hở Hội nghị Cơ học thủy khí và Phòng chống thiên tai, Đà Lạt, ngày 27 đến ngày 30-VII-1999.

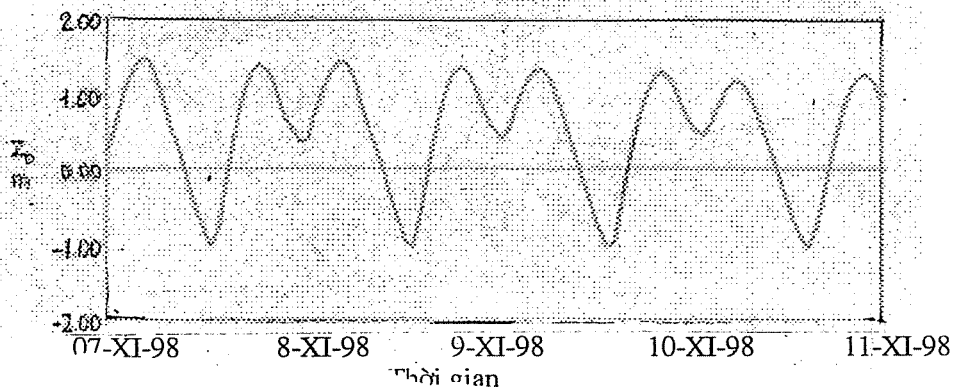




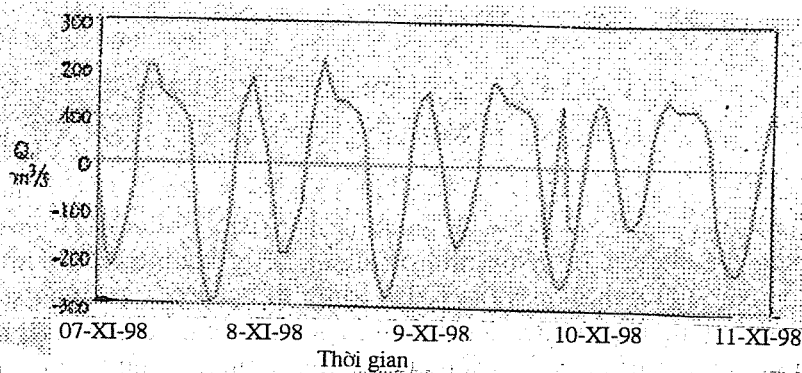
Hình 3a. Biến đổi quá trình mực nước tại mặt cắt 1 do cơn mưa lúc 15h20ph ngày 9-XI-1998



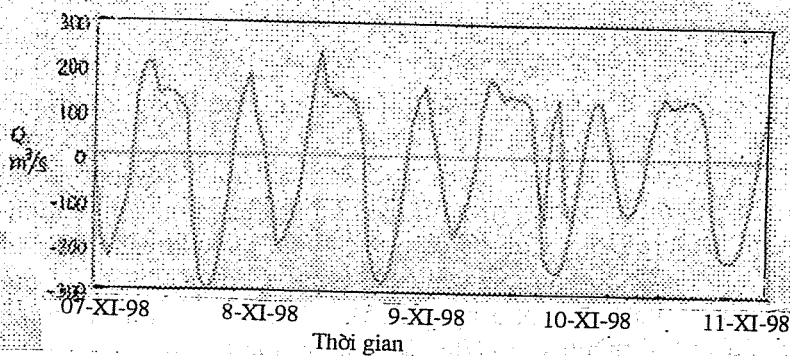
Hình 3b. Biến đổi quá trình mực nước tại mặt cắt 19 do cơn mưa lúc 15h20ph ngày 9-XI-1998



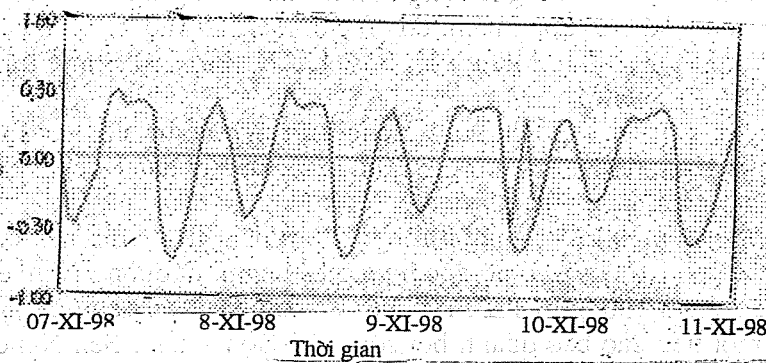
Hình 3c. Biến đổi quá trình mực nước tại mặt cắt 26 do cơn mưa lúc 15h20ph ngày 9-XI-1998



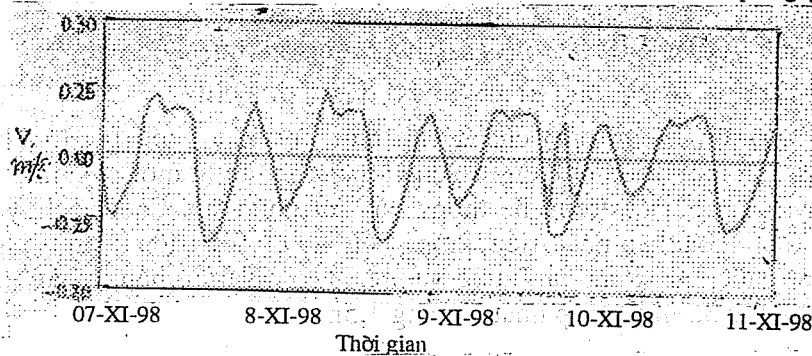
H 4a. Biến đổi quá trình lưu lượng tại mặt cắt 19 do cơn mưa lúc 15h20ph ngày 9-XI-1998



H 4b. Biến đổi quá trình lưu lượng tại mặt cắt 26 do cơn mưa lúc 15h20ph ngày 9-XI-1998



H 5a. Biến đổi quá trình vận tốc tại mặt cắt 19 do cơn mưa lúc 15h20ph ngày 9-XI-1998



H 5b. Biến đổi quá trình vận tốc tại mặt cắt 26 do cơn mưa lúc 15h20ph ngày 9-XI-1998