



# HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC TẾ PHÁT TRIỂN XÂY DỰNG BỀN VỮNG TRONG ĐIỀU KIỆN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU KHU VỰC ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

International Conference on sustainable construction development  
in the context of climate change in the Mekong Delta (SCD2021)



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

1



2

0

2

D

C

S

# HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC TẾ PHÁT TRIỂN XÂY DỰNG BỀN VỮNG TRONG ĐIỀU KIỆN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU KHU VỰC ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

International Conference on sustainable construction development  
in the context of climate change in the Mekong Delta (SCD2021)

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG  
HÀ NỘI - 2021





## MỤC LỤC

| STT | Tên bài                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Trang |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1   | Phát triển xây dựng bền vững – cơ hội và thách thức trong điều kiện chủ động ứng phó với biến đổi khí hậu vùng đồng bằng sông Cửu Long<br>Sustainable construction development – opportunities and challenges in the condition of active responsibilities to climate change area<br><i>TS . Trương Thị Hồng Nga</i>                                                                                         | 3     |
| 2   | Kinh nghiệm tổ chức nhà ở của châu Âu tại các vùng ngập nước tương đồng điều kiện đồng bằng sông Cửu Long<br>European experience of housing organization in flood-prone areas similar to conditions of the mekong delta<br><i>Nguyen Tan Huy</i>                                                                                                                                                            | 21    |
| 3   | Kiến trúc trường học vùng đồng bằng sông Cửu Long ứng phó với biến đổi khí hậu theo hướng thích ứng, linh hoạt, đa chức năng<br><i>Doãn Minh Khôi, Doãn Thanh Bình, Nguyễn Mạnh Cường</i>                                                                                                                                                                                                                   | 29    |
| 4   | Tiếp cận cảnh quan văn hóa trong quy hoạch xây dựng đô thị thích ứng lũ lụt: nghiên cứu trường hợp sông Côn, sông Hà Thanh - thành phố Quy Nhơn - tỉnh Bình Định<br>Cultural landscape along Con river and Ha Thanh river, Quy Nhon city, Binh Dinh – province: opportunities and challenges of urban development in flood adaptation<br><i>Phạm Việt Quang, Phạm Anh Dũng, Hoàng Anh, Cù Thị Ánh Tuyết</i> | 37    |
| 5   | Phân tích sự làm việc của vỏ hầm hai lớp<br>The double - layer tunnel is operation is examined<br><i>Nguyễn Ngọc Huệ, Lê Minh Quang, Nguyễn Quang Quý</i>                                                                                                                                                                                                                                                   | 51    |
| 6   | Nghiên cứu phương pháp tính toán dao động riêng của hệ kết cấu dây cứng theo phương pháp nguyên lý cực trị gauss<br>A research on calculation methods of natural vibrations of rigid cable structure system based on the gaussian extreme principle method<br><i>Phạm Hồng Hạnh, Phạm Văn Trung</i>                                                                                                         | 59    |
| 7   | Phương pháp phase field với phân rã trực giao ten-xơ biến dạng mô phỏng hư hỏng kết cấu chứa vật liệu đẳng hướng<br>Modeling of damage in structures containing isotropic material by phase field method with strain orthogonal decompositions<br><i>Vũ Bá Thành, Ngô Văn Thức</i>                                                                                                                          | 67    |
| 8   | Một số giải pháp trong khai thác nước ngầm bằng bãi giếng nhằm giảm thiểu hạ thấp mặt đất<br>Some solutions in groundwater exploitation by good yards for reduction lowering the ground<br><i>Nguyễn Xuân Mãn, Nguyễn Duyên Phong</i>                                                                                                                                                                       | 75    |
| 9   | A case study on the determination of the excavated trench depth in unsaturated soil constructed by trench method without supporting structures<br><i>Nguyen Xuan Man, Nguyen Duyen Phong</i>                                                                                                                                                                                                                | 83    |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 10 | Xác định các tham số neo đất phù hợp giữ ổn định bờ sông tránh sạt lở<br>Determination of the appropriate parameters of soil bolts for river bank reinforcement to reduce landslide<br><i>Trần Tuấn Minh, Nguyễn Duyên Phong, Ngô Văn Thúc</i>                                                                                                                                  | 89  |
| 11 | Nghiên cứu xác định phạm vi vùng ảnh hưởng khi thi công khoan kích ngầm trong điều kiện đất yếu tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long<br>Estimating the influence zone induced by pipejacking in the Mekong Delta soft soil conditions<br><i>Vũ Minh Ngạn, Lại Thanh Nhân, Hoàng Đình Phúc, Phạm Đức Thọ</i>                                                                      | 97  |
| 12 | Nghiên cứu xây dựng mô hình số đánh giá hiệu quả xử lý nền đất yếu bằng cọc hỗn hợp vật liệu cát biển - xi măng - tro bay<br>3D numerical modeling to estimate the effectiveness of sea sand - cement - fly ash columns improved soft soil<br><i>Pham Van Hung, Ta Duc Thinh, Nguyen Thanh Duong, Bui Anh Thang</i>                                                             | 105 |
| 13 | So sánh phương án cọc trong xử lý nền công trình thủy lợi<br>Comparison of pile foundation alternatives in hydraulic structure<br><i>Dương Nghĩa Nhân, Trần Văn Tỷ, Lâm Tấn Phát, Võ Văn Dấu</i>                                                                                                                                                                                | 113 |
| 14 | Tiềm năng sử dụng tro trấu trong cải tạo, xử lý đất yếu ở đồng bằng sông Cửu Long<br>Potential use of rice husk ash in soft soil improvement in Mekong Delta<br><i>Nguyễn Thành Dương</i>                                                                                                                                                                                       | 123 |
| 15 | Công trình ngầm thành phố và các giải pháp địa kỹ thuật<br>Urban underground structures and geotechnical measures<br><i>Nguyen Ngoc Long Giang, Nguyen Quang Phich, Nguyen Van Manh, Phạm Văn Kiên, Dao Hong Hai</i>                                                                                                                                                            | 133 |
| 16 | Phát triển đô thị thông minh bền vững trong bối cảnh cuộc cách mạng Công nghệ 4.0 và khởi nghiệp sáng tạo tại một số đô thị miền Nam Việt Nam<br>Sustainable Smart City Development in The Context of the 4.0 Technology Revolution and Innovative Start Up in Some Cities in the South of Vietnam<br><i>Pham Kien, Tran Van Thien, Tran Nguyen Nha Chi, Nguyen Quang Phich</i> | 141 |
| 17 | Mô phỏng số về lan truyền vết nứt trong dầm bê tông<br>Numerical simulation of crack growth in the concrete beams<br><i>Nguyễn Văn Mạnh, Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Ngọc Long Giang</i>                                                                                                                                                                                         | 153 |
| 18 | Nghiên cứu và phát triển bê tông tính năng siêu cao trong xây dựng<br>Research and development of Ultra-High performance concrete in construction<br><i>Nguyễn Xuân Mãn, Nguyễn Duyên Phong, Phạm Mạnh Hào</i>                                                                                                                                                                  | 159 |
| 19 | Phân tích tính chất phá hủy của dầm bê tông nứt mối sử dụng nano-silica khi chịu uốn: Thực nghiệm và mô phỏng<br>On the analysis fracture properties of notched concrete beams incorporating nano-silica in bending test: Experimentation and simulation<br><i>Phạm Đức Thọ, Vũ Minh Ngạn, Hoàng Đình Phúc, Ngô Văn Thúc</i>                                                    | 167 |
| 20 | Khả năng sử dụng cốt liệu lớn tái chế từ bê tông phế thải để thay thế cốt liệu tự nhiên trong xây dựng công trình<br>The ability to use coarse recycled aggregates concrete for replacement of natural aggregates in building construction<br><i>Dang Quang Huy, Bui Anh Thang, Pham Duc Tho</i>                                                                                | 173 |
| 21 | Đánh giá mô hình khí hậu toàn cầu và viễn thám để ứng phó với biến đổi khí hậu tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long<br>Evaluation of global climate models and remote sensing technology in response to climate change in the vietnamese mekong delta                                                                                                                            | 181 |

- 22 Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến ngập lụt thành phố Cần Thơ - các giải pháp kiểm soát và thích ứng 191  
Impact of climate change on Can Tho city - The high-risk flood area division and flooding control and adaptation  
*Trần Thanh Thảo, Lê Thị Bạch Tuyết, Giang Văn Tuyển, Trần Quang Nhật*
- 23 Ứng dụng mô hình SWMM để xuất giải pháp giảm ngập cho quận Bình Thủy, thành phố Cần Thơ 199  
Applying SWMM model to propose solutions for flood mitigation at Binh Thuy district, Can Tho city  
*Nguyễn Ngọc Toàn, Nguyễn Đình Giang Nam, Nguyễn Võ Châu Ngân*
- 24 Nghiên cứu nguyên nhân gây sạt lở bờ sông Nhu Gia tại địa bàn huyện Mỹ Tú, tỉnh Sóc Trăng 209  
Study on causes for erosion of Nhu Gia River in My Tu district, Soc Trang Province  
*Nguyễn Thái An, Phạm Quốc Thanh, Trần Văn Tỷ, Lê Hải Trí, Huỳnh Thị Cẩm Hồng, Đinh Văn Duy*
- 25 Đánh giá tính tổn thương xâm nhập mặn nguồn tài nguyên nước dưới đất tỉnh Trà Vinh 217  
*Đào Hồng Hải, Daniela Cid Escobar, Sergio Gil Villalba, Tibor Stigte, Nguyễn Việt Kỳ*
- 26 Some issues in the planning, artificial recharge, exploiting and protecting groundwater resources in Tra Vinh province 225  
*Nguyen Viet Ky, Dao Hong Hai*
- 27 Photocatalytic performance of TiO<sub>2</sub> nanoparticle doped by transition metal ion 233  
*Jittinat Sirichokthanasarp, Patcharaporn Phuinthiang, Dang Trung Tri Trinh, Duangdao Channei, Kantapat Chansaenpak, Auppatham Nakaruk, Wilawan Khanitchaidecha*
- 28 Đánh giá tổn thương do tác động biến đổi khí hậu – trường hợp nghiên cứu tại tỉnh Trà Vinh 243  
Assessment the vulnerability on climate change impact– case study in tra vinh province  
*Nguyễn Quốc Hậu, Trịnh Công Luận, Nguyễn Thị Hồng Diệp*
- 29 Đánh giá hiệu quả hệ thống giao thông - thủy lợi đáp ứng tiêu chí nông thôn mới của huyện Long Mỹ, tỉnh Hậu Giang 251  
Evaluation of the effectiveness of the transportation - irrigation system adapt to the new rural area criteria at Long My district, Hau Giang province  
*Ngô Quốc Phục, Trương Yến Linh, Ngô Thị Ngọc, Nguyễn Võ Châu Ngân*
- 30 Research on urban infrastructure solutions Adapting to climate change conditions in HCMC and the Mekong Delta 261  
*Ngo Trung Duong, Vo Anh Tuan*

# MỘT SỐ GIẢI PHÁP TRONG KHAI THÁC NƯỚC NGẦM BẰNG BÃI GIẾNG NHẪM GIẢM THIỂU HẠ THẤP MẶT ĐẤT

## SOME SOLUTIONS IN GROUNDWATER EXPLOITATION BY GOOD YARDS FOR REDUCTION LOWERING THE GROUND

Nguyễn Xuân Mãn, Nguyễn Duyên Phong

### ABSTRACT:

Groundwater exploitation leads to a lowering of the groundwater level in a non-pressurized aquifer or a decrease in pressure in a pressurized aquifer. If there is no effective and appropriate remedy, it will inevitably lead to the breakdown of the stratigraphic balance; As a result, the strata subsided. The subsidence process spreads to the ground causing the ground to collapse. Stratigraphic subsidence and ground subsidence cause damage to underground structures and aboveground structures (underground tunnels, roads, houses and civil works, and public buildings terrestrial industry).

This report presents two solutions to minimize ground subsidence caused by groundwater extraction in the Mekong Delta and Ho Chi Minh City:

The first solution: Build well yards to exploit groundwater near the area with replenishing water sources.

The second solution: Optimizing the exploitation water flow of the wells in the mining well yard.

KEYWORDS: *Lowering the ground, groundwater extraction, lower pressure, wells yards, exploitation water flow.*

### TÓM TẮT:

Khai thác nước dưới đất dẫn đến hạ thấp mực nước ngầm trong tầng nước không áp hoặc làm giảm áp lực trong tầng nước có áp. Nếu không có giải pháp khắc phục hiệu quả và phù hợp thì tất yếu sẽ dẫn đến phá vỡ cân bằng địa tầng; hậu quả là địa tầng và mặt đất bị sụp lún. Sụp lún địa tầng và sụt lún mặt đất gây tổn hại cho các công trình xây dựng (công trình ngầm và trên mặt đất).

Hiện nay có hai giải pháp để giảm thiểu lún mặt đất do khai thác nước ngầm: Xây dựng bãi giếng khai thác nước ngầm ở gần khu vực có nguồn nước bổ cập; Tối ưu hóa lưu lượng nước khai thác của các giếng trong bãi giếng khai thác.

Báo cáo này trình bày giải pháp tối ưu hóa lưu lượng nước khai thác của các giếng trong bãi giếng khai thác nhằm giảm thiểu hạ thấp mặt đất ở khu vực TP. Hồ Chí Minh. Phương pháp nghiên cứu được sử dụng là giải bài toán quy hoạch tuyến tính để tìm lời giải tối ưu lưu lượng nước khai thác trong từng giếng trong bãi giếng khai thác.

TỪ KHÓA: *Khai thác nước ngầm, sụp lún, bãi giếng, hạ áp lực, hạ thấp mặt đất.*

**Nguyễn Xuân Mãn**

Học hàm, học vị: PGS.TS.

Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mở - Địa chất

Tel: 0903 010 864

Email: mannxdoky@gmail.com

**Nguyễn Duyên Phong**

Học hàm, học vị: TS.

Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mở - Địa chất

Tel: 0967 318 556

Email: nguyenduyenphong@humg.edu.vn

**1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Để xây dựng các công trình khai thác nước ngầm với việc bổ cập nước từ các nguồn khác cần phải có các điều kiện sau: có các nguồn nước tự nhiên hoặc nhân tạo bên cạnh (sông, hồ), có cấu trúc địa chất thủy văn và quan hệ thủy lực giữa nước mặt và nước dưới đất thuận lợi. Tồn tại các kiểu bổ cập và quan hệ thủy lực giữa nước mặt và nước dưới đất như sau:

*Kiểu 1:* Thường xảy ra trong đới dư ẩm dọc theo các sông lớn. Trong điều kiện tự nhiên phần lớn thời gian trong năm sông, hồ được nước dưới đất cung cấp, dòng chảy ngầm hướng từ bờ ra phía sông hồ. Chỉ trong mùa lũ hoặc các thời kỳ lũ nước dưới đất mới tạm thời được nước sông hồ cung cấp. Sự cung cấp này chỉ xảy ra ở đới ven bờ, làm cho dòng chảy ngầm có phương từ phía sông hồ về đới ven bờ. Chiều rộng của đới này phụ thuộc vào: độ lớn của sông; biên độ dao động mực nước sông; tính thấm của đất đá chứa nước. Khi có công trình khai thác ven bờ với mực nước hạ thấp dưới mực nước sông hồ thì nước sông cung cấp cho công trình khai thác.

*Kiểu 2:* Phổ biến ở các vùng thiếu ẩm hoặc các vùng có cấu trúc đặc biệt thuận lợi để cho nước mặt quanh năm cung cấp cho nước dưới đất. Vào thời kỳ lũ giá trị cung cấp tăng lên. Khi có công trình khai thác ven bờ thì sự cung cấp càng tăng.

*Kiểu 3:* Đặc trưng cho trường hợp dao động mực nước sông không lớn. Do độ nghiêng thủy lực của nước dưới đất ở đới ven sông lớn nên không có sự cung cấp của sông. Trong thời kỳ lũ, quá trình thoát của nước dưới đất không những không bị dừng lại mà còn tăng lên do sự gia tăng lượng cung cấp. Các công trình khai thác ven bờ không hạ thấp được mực nước dưới đất xuống dưới mực nước mặt, do đó không nhận được sự cung cấp từ phía sông.

*Kiểu 4:* Là kiểu quan hệ thủy lực giữa nước mặt và nước có áp nằm sâu được ngăn cách bởi lớp thấm nước yếu. Trong đa số trường hợp mực áp lực của tầng chứa nước cao hơn mực nước mặt nên nước dưới đất sẽ cung cấp cho nước mặt bằng cách thấm xuyên từ dưới lên qua lớp thấm yếu. Nếu mực áp lực thấp hơn mực nước mặt thì sẽ xảy ra hiện tượng ngược lại. Khi có công trình khai thác ven bờ, mực nước dưới đất hạ thấp xuống dưới mực nước mặt thì nước mặt sẽ cung cấp cho công trình khai thác bằng cách thấm xuyên qua các lớp thấm yếu nên lượng bổ sung không lớn.

Như vậy việc xây dựng công trình khai thác nước thấm lọc ven bờ có hiệu quả nhất là từ các nguồn nước mặt có quan hệ thủy lực với nước dưới đất kiểu 1 và kiểu 2. Đối với kiểu quan hệ 3 phải đắp đập để nâng cao mực nước mặt. Còn đối với kiểu quan hệ 4 thì khoan thêm các lỗ khoan dẫn nước từ trên xuống. Dưới đây trình bày cơ sở lý thuyết để giải quyết bài toán đặt ra.

**2. GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ**

Đại lượng thấm từ các nguồn nước mặt được xác định bằng công thức thủy động lực (Konopdianxep, E.H. Iaxepva, 1983) như sau:

$$Q = K.M.B.I, \quad (1)$$

Trong (1): Q - lưu lượng thấm từ sông hồ, m<sup>3</sup>/ngày; K - hệ số thấm của đất đá tầng chứa nước và của cả lớp bùn sét lắng đọng ở đáy sông hồ, m/ngày; M - chiều dày tầng chứa nước, m; B - chiều dài tường bờ, m; I - độ nghiêng thủy lực, được xác định bằng công thức:

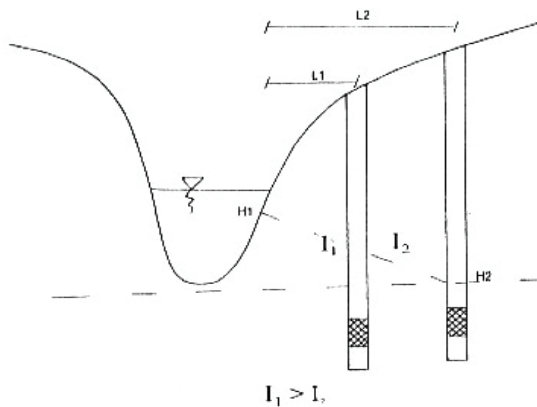
$$I = \frac{H_1 - H_2}{L} \quad (2)$$

Trong (2): H<sub>1</sub> - độ cao mực nước mặt, m; H<sub>2</sub> - độ cao mực nước dưới đất tại công trình khai thác, m; L - khoảng cách từ nguồn nước mặt đến

công trình khai thác, m.

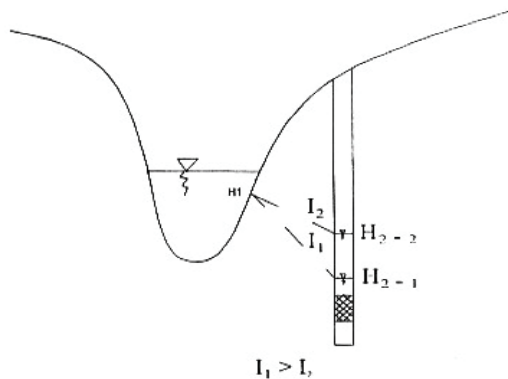
Trong một điều kiện tự nhiên cụ thể thì các đại lượng K, M, B không thay đổi, để tăng lưu lượng thấm Q người ta phải làm tăng độ nghiêng thủy lực I bằng 2 cách:

**Cách 1:** chuyển công trình khai thác càng gần sông hồ càng tốt, thậm chí đặt ngay ở lòng sông hồ (Hình 1).



**Hình 1.** Tăng độ nghiêng thủy lực của dòng thấm từ sông hồ bằng cách chuyển công trình khai thác về phía gần sông

**Cách 2:** hạ thấp sâu mực nước dưới đất tại công trình khai thác, tuy nhiên cũng chỉ có thể hạ thấp đến giới hạn cho phép (Hình 2).



**Hình 2.** Tăng độ nghiêng thủy lực của dòng thấm từ sông hồ bằng hạ thấp mực nước dưới đất ở công trình khai thác

Công thức tổng quát để tính trữ lượng khai thác nước dưới đất có dạng như sau:

$$Q_{kt} = Q_{tn} + \frac{V_{dh}}{t} + \frac{\alpha V_{tl}}{t} + Q_{ct} \quad (3)$$

Trong (3):  $Q_{kt}$  - trữ lượng khai thác tiềm năng,  $m^3/ng$ ;  $Q_{tn}$  - trữ lượng động tự nhiên,  $m^3/ng$ ;  $V_{dh}$  - trữ lượng tĩnh đàn hồi,  $m^3$ ;  $V_{tl}$  - trữ lượng tĩnh trọng lực,  $m^3$ ;  $\alpha$  - hệ số xâm phạm vào trữ lượng tĩnh trọng lực cho phép (lấy bằng 30% đối với các tầng chứa nước không áp);  $t$  - thời gian khai thác, thường được hạn định là 27 năm (104 ngày);  $Q_{ct}$  - trữ lượng cuốn theo,  $m^3/ng$ .

Các đại lượng  $Q_{tn}$ ,  $V_{dh}$ ,  $V_{tl}$  được hình thành trong điều kiện tự nhiên, còn trữ lượng cuốn theo ( $Q_{ct}$ ) chỉ hình thành trong quá trình khai thác, khi mà do sự bơm hút, mực nước dưới đất bị hạ thấp sẽ lôi cuốn dòng chảy từ các phía vào tầng chứa nước khai thác (thấm xuyên từ các khối nước mặt xuống, thấm nghiêng từ các tầng chứa nước kề cận vào...). Trong đó lượng thấm xuyên từ các khối nước mặt trong một số điều kiện chiếm tỉ trọng rất lớn. Đó là tiền đề để xây dựng các giếng thấm kích thích (induced infiltration wells) ven bờ. Theo số liệu của Sở Tài nguyên và Môi trường, TP. Hồ Chí Minh, 2005 (Tóm tắt đề án: Xây dựng mạng quan trắc lún đất do khai thác nước ngầm vùng phía Nam TP. Hồ Chí Minh) thì nước dưới đất khu vực TP. Hồ Chí Minh được bổ cập từ ba nguồn chính: nước Kinh Đông, nước mưa và nước sông Sài Gòn. Sông Sài Gòn, Kinh Đông, sông Đồng Nai, nước mưa,... là các nguồn bổ cập cho các tầng chứa nước dưới đất Pleistocen, Pliocen trên. Nước mưa cũng là nguồn bổ cập lớn cho tầng chứa nước Pleistocen và gián tiếp cho Pliocen trên. Chính vì vậy, mực nước ngầm dao động lớn theo mực nước các dòng sông, Kinh Đông và theo hai mùa: mùa khô và mùa mưa. Nước Kinh Đông cung cấp cho nước dưới đất tầng Pleitocen. Khi nước Kinh Đông dâng cao thì mực nước dưới đất ở các vị trí cách kênh 20 ÷ 100 m đều dâng cao. Khi xây dựng xong Kênh Đôi mực nước dưới đất dâng lên 2 ÷ 2,5 m so với chưa xây dựng Kênh Đôi. Nước mưa là nguồn bổ trợ nước dưới đất lớn. Khảo sát mực nước dưới đất cho thấy, khi có trận mưa kéo dài 1 ÷ 2 giờ thì mực nước dưới đất ở Củ Chi tăng lên 0,1 ÷ 0,25 m. Về mùa mưa mực nước dưới đất cao hơn mùa khô từ 1,5 ÷ 3,0 m. Nước sông Sài Gòn có quan hệ thủy lực với nước dưới đất.

Khi nước sông dâng cao thì bổ cấp cho nước dưới đất, ngược lại khi nước sông cạn thì nước dưới đất lại cung cấp cho sông.

Theo tính toán thì lượng nước bổ cấp cho nước dưới đất tầng Pleistocen từ các nguồn bổ cấp chính như sau:

+ Từ Kinh Đông là:

$$Q_{KD} = q.L.b = 0,55 \times 285000 \times 1,0 = 156750 \text{ m}^3/\text{ngày}.$$

Trong đó  $q$  là lưu lượng đơn vị,  $\text{m}^3/\text{ngày}$  (Theo Sở Tài nguyên Môi trường Tp. HCM thì kinh Đông cung cấp cho nước dưới đất với giá trị khoảng  $q = 0,55 \text{ m}^3/\text{ngày}$ );  $L$  - chiều dài phần kênh chưa bị xi măng hóa ( $L = 400 - 115 = 285 \text{ km} = 285000 \text{ m}$ ;  $b$  - bề rộng tính toán, lấy  $b = 1,0 \text{ m}$ ).

+ Từ sông Sài Gòn là:

$$Q_{SG} = K.L.W.(F_{\text{sông}} - F_{\text{Aquifer}})/M.$$

Với  $K$  - hệ số thấm của lớp đất đá đáy sông,  $K = 1,0 \text{ m/ngày}$ ;  $L$  - chiều dài đoạn sông cung cấp nước dưới đất,  $L = 22500 \text{ m}$ ;  $W$  - chiều rộng trung bình của sông,  $W = 80 \text{ m}$ ;  $M$  - chiều dày lớp trầm tích đáy sông,  $M = 4,0 \text{ m}$ ;  $F_{\text{sông}}$  - mực nước trên sông, lấy trung bình theo trạm quan trắc Bình Dương là  $0,15 \text{ m}$ ;  $F_{\text{Aquifer}}$  - mực nước ngầm bên sông lấy trung bình nhiều năm tại trạm quan trắc Q002 Bình Mỹ là  $0,0 \text{ m}$ .

Thay số:  $Q_{SG} = 67500 \text{ m}^3/\text{ngày}$ .

+ Từ nước mưa là:  $Q_m = F.W, \text{m}^3/\text{ngày}$ .

$F$  - diện tích hứng mưa của khu vực TP. Hồ Chí Minh;  $W$  - cường độ cung cấp nước mưa cho tầng.

Thay số  $Q_m = 309532 \text{ m}^3/\text{ngày}$ .

Đề xuất xây dựng bãi giếng: Quy hoạch vị trí xây dựng các nhà máy khai thác nên ưu tiên vị trí ven sông, kênh, rạch và hồ chứa vì đó là nguồn cung cấp, bổ trợ lớn cho tầng chứa nước khai thác. Giảm lưu lượng khai thác nước ngầm bằng việc khai thác, xử lý nguồn nước mặt. Trong vùng TP. Hồ Chí Minh tồn tại hai tầng chứa nước lỗ hổng trong các trầm tích Đệ Tứ bờ rời có giá trị khai thác tốt: Tầng chứa nước Pleistocen và Pliocen (trên, dưới). Hai tầng này được bổ cấp nước mặt từ kênh Đồi, sông Sài Gòn, sông

Đồng Nai, hệ thống sông, rạch khác và nước mưa theo mùa mưa.

Kết quả quan trắc động thái nước đất cũng xác định được động thái thủy văn, tức là vùng động thái nước dưới đất bị chi phối bởi chế độ thủy văn của sông Sài Gòn, Kênh Đồi và mùa mưa, mùa khô. Trên cơ sở nghiên cứu các luận cứ khoa học và đặc điểm địa chất thủy văn TP. Hồ Chí Minh, đề xuất xây dựng bãi giếng khai thác nước thấm lọc dọc theo dải ven bờ sông Sài Gòn, sông Đồng Nai, các sông khác và các kinh trong khu vực thành phố, nhất là Kinh Đông. Bãi giếng đưa ra càng gần sông thì độ nghiêng thủy lực càng lớn và nhận được lưu lượng thấm từ sông càng nhiều. Các kết quả tính toán cho thấy với diện tích như nhau nếu đặt bãi giếng sát mép nước sông thì lưu lượng khai thác sẽ tăng  $2,0 \div 3,0$  lần so với bãi giếng cách xa mép nước sông (khoảng cách xa từ  $350 \div 500 \text{ m}$ ).

Tóm lại, công trình khai thác nước đặt các giếng ven bờ là một dạng khai thác có nguồn bổ sung nhân tạo cần được áp dụng rộng rãi trong thời gian tới ở TP. Hồ Chí Minh để làm việc này thì vùng ven bờ các sông nên quy hoạch thành công viên, khu du lịch, giải trí, ... và xây dựng các công trình khai thác nước dưới đất.

### 3. THIẾT LẬP BÀI TOÁN

Như chúng ta đã biết điều kiện địa chất thủy văn (ĐCTV) của một số loại mỏ nước dưới đất không đơn giản do sự bất đồng nhất về tính thấm, chứa nước. Sơ đồ bố trí các lỗ khoan khai thác trong các trường hợp này thường không có dạng hình học đặc trưng (đường thẳng, đường tròn, lưới, v.v...) mà có dạng phân bố bất kỳ dạng diện tích. Vấn đề đặt ra là nên khai thác từ mỗi lỗ khoan với lưu lượng bao nhiêu để trị số hạ thấp mực nước vẫn nhỏ hơn hoặc bằng trị số hạ thấp mực nước cho phép mà tổng của chúng đạt giá trị cực đại. Đây chính là nội dung của bài toán tối ưu lưu lượng khai thác các lỗ khoan.

Thiết lập bài toán tối ưu lưu lượng nước các lỗ khoan khi vị trí của chúng đã biết. Nghiên cứu các bài toán tối - ưu trong ĐCTV nói chung và đặc biệt

là bài toán tối - ưu hóa lưu lượng các lỗ khoan của công trình khai thác khi đã ấn định vị trí của chúng đã được J.K. Gavitch và F.M. Botrever đề cập. Nội dung bài toán là xác định lưu lượng các lỗ khoan khai thác nước  $Q_i$  để sao cho tổng lưu lượng khai thác  $Q_T$  trong thời gian khai thác  $t$  đạt cực đại, khi mà trị số hạ thấp mực nước  $S_j$  tại lỗ khoan  $j$  không vượt quá trị số hạ thấp mực nước cho phép  $[S]_j$  lưu lượng của các lỗ khoan có thể thay đổi từ 0 đến  $Q_{\max}$  (giá trị  $Q_{\max}$  phụ thuộc vào hệ số dẫn nước của tầng chứa nước tại vị trí đặt lỗ khoan, cấu trúc của nó và đặc tính kỹ thuật của máy bơm). Để đơn giản hóa, giả thiết chất lượng nước đảm bảo và không phải đề cập đến giới hạn về chất lượng nước (độ khoáng hóa, thành phần hóa học, v.v...).

Với điều kiện trên bài toán được thiết lập như sau: xác định lưu lượng của các lỗ khoan khai thác  $Q_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, k$ ), khi tổng của chúng đạt cực đại:

$$F = \sum_{i=1}^k Q_i \rightarrow \text{Max} \quad (4)$$

Đồng thời tuân theo các giới hạn đã nói ở trên:

$$S_j(t) \leq [S]_j \quad (5)$$

$$0 \leq Q_i \leq Q_{\max} \quad (6)$$

Trong (4), (5) và (6):  $F$  - hàm mục tiêu;  $i, j = 1, 2, \dots, k$  là số thứ tự và số lỗ khoan khai thác nước. Giá trị  $S_j$  phụ thuộc vào điều kiện ĐCTV của từng vùng, lưu lượng lỗ khoan  $Q_i$  và thời gian khai thác  $t$ . Đối với tầng chứa nước vô hạn giá trị  $S_j$  được xác định theo công thức (4) hay (5). Đối với nước có áp mối quan hệ (5) thường là mối quan hệ tuyến tính giữa trị số hạ thấp  $S_j$  và lưu lượng lỗ khoan.

$$S_j = \left( \frac{1}{2} T \right) \sum_{i=1}^k Q_i f_{ji} \quad (7)$$

$$S_j = \sum_{i=1}^k Q_i a_{ji} \quad (8)$$

Trong (7) và (8):  $f_{ji}$  - sức cản thủy lực không thứ nguyên;  $T$  - hệ số dẫn nước,  $m^2/ngày$ ;  $a_{ji}$  - hàm ảnh hưởng của lỗ khoan thứ  $i$  đến  $j$  có tính

đến tính thấm, chứa nước, loại biên, khoảng cách từ biên đến chúng hoặc khoảng cách giữa các lỗ khoan. Về mặt thủy lực nó chính là sức cản thủy lực của nước đến lỗ khoan, xác định theo công thức:

$$a_{ji} = f_{ji}/2T. \quad (9)$$

Giá trị  $a_{ji}$  về mặt vật lý là trị số hạ thấp mực nước trong lỗ khoan thứ  $j$  do ảnh hưởng khai thác của lỗ khoan thứ  $i$  với lưu lượng bằng một đơn vị. Biết  $a_{ji}$  cho phép xác định  $S_j(t)$  đối với tất cả các lỗ khoan tương tác. Giới hạn (5), (6) biểu diễn dưới dạng bất phương trình và biểu thức  $S_j(t)$  được viết như hệ phương trình đại số tuyến tính.

Một số tác giả như Botrever Ph.M., (1978); I.K. Gavitch, (1988) đã đề xuất cách xác định  $S_i$  theo công thức sau đây:

$$S_i = \left( \frac{1}{2} \pi k m \right) \sum_{j=1}^n Q_j \ln \frac{1,5\sqrt{at}}{r_{ij}} \quad (10)$$

Trong (10):  $k$  - hệ số thấm;  $m$  - chiều dày lớp đất đá;  $r_{ij}$  - khoảng cách từ lỗ khoan thứ  $i$  đến lỗ khoan thứ  $j$ , khi  $i = j$  thì  $r_{ij}$  bán kính ống lọc của lỗ khoan.

Từ (5), (6) và (8) chúng ta nhận được phương trình và điều kiện giới hạn:

$$F = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_k \rightarrow \text{Max} \quad (11)$$

Các ràng buộc:

$$\begin{aligned} a_{11}Q_1 + a_{12}Q_2 + \dots + a_{1k}Q_k &\leq [S]_1 \\ a_{21}Q_1 + a_{22}Q_2 + \dots + a_{2k}Q_k &\leq [S]_2 \end{aligned} \quad (12)$$

$$a_{31}Q_1 + a_{32}Q_2 + \dots + a_{3k}Q_k \leq [S]_3$$

...

$$a_{k1}Q_1 + a_{k2}Q_2 + \dots + a_{kk}Q_k \leq [S]_k \quad (13)$$

$$0 \leq Q_i \leq Q_{\max}; i = 1, 2, 3, \dots, k$$

Trong đó:  $a_{ji}$  - Các hàm ảnh hưởng, xác định như sau:

- Từ một trong  $k$  lỗ khoan, thí dụ lỗ khoan thứ nhất ( $i = 1$ ) đặt lưu lượng duy nhất, các lỗ khoan còn lại xem như bằng không;

- Xác định giá trị  $S_j$  cho tất cả các lỗ khoan tương ứng với  $a_{ji}$ ;

- Bằng phương pháp tương tự tính cho tất cả các lỗ khoan còn lại ( $i = 2, i = 3, \dots, i = k$ ) sẽ tìm được những giá trị còn lại của hàm ảnh hưởng  $a_{ji}$  và nhận được.

Đối với tầng chứa nước có áp, vô hạn, khi khai thác kéo dài, hàm ảnh hưởng  $a_{ji}$  có thể tính theo công thức:

$$a_{ji} = \frac{0,183}{T} \lg \left( \frac{2,25at}{r_{ji}^2} \right) \quad (14)$$

ở đây:  $T$  - hệ số dẫn nước,  $m^2/ng$ ;  $a$  - hệ số truyền áp,  $m^2/ng$ ;  $t$  - thời gian bơm khai thác, ngày-đêm;  $r_{ji}$  - khoảng cách từ lỗ khoan  $j$  đến các lỗ khoan còn lại ( $m$ ), khi  $j = i$  thì  $r_{ji} = r_{ii}$  = đường kính ống lọc của lỗ khoan hút nước (thường bằng  $0,2 \div 0,4 m$ ).

#### 4. PHƯƠNG PHÁP GIẢI

Bài toán thiết lập được đặc trưng bởi hàm mục tiêu  $F$  và tất cả các giới hạn là tuyến tính với các thông số tối ưu  $Q_i$  và được trình bày như bài toán quy hoạch tuyến tính. Nếu hàm mục tiêu hay một trong những giới hạn là phi tuyến so với  $Q$  thì hệ phương trình (7), (8) là bài toán quy hoạch phi tuyến. Trong một số trường hợp hàm phi tuyến có thể được thay bởi hàm tuyến tính từng khoảng thì quy hoạch phi tuyến được thay thế bởi quy hoạch tuyến tính.

Giải bài toán trên bằng nhiều cách. Một trong phương pháp giải là dùng phương pháp simplex.

Để làm việc này ta viết lại bài toán ở dạng:

$$G = -F = -Q_1 - Q_2 - Q_3 - \dots - Q_k \rightarrow \text{Min} \quad (15)$$

Các ràng buộc:

$$\begin{aligned} a_{11}Q_1 + a_{12}Q_2 + \dots + a_{1k}Q_k + X_1 &= [S]_1 \\ a_{21}Q_1 + a_{22}Q_2 + \dots + a_{2k}Q_k + X_2 &= [S]_2 \\ a_{31}Q_1 + a_{32}Q_2 + \dots + a_{3k}Q_k + X_3 &= [S]_3 \\ &\dots \\ a_{k1}Q_1 + a_{k2}Q_2 + \dots + a_{kk}Q_k + X_k &= [S]_k \end{aligned} \quad (16)$$

Điều kiện:

$$0 \leq Q_i \leq Q_{\max}; i = 1, 2, 3, \dots, k \quad (17)$$

Lập bảng Simplex có dạng sau đây:

**Bảng 1.** Bảng cơ sở

| t     | $Q_1$          | $Q_2$          | $Q_3$          | ... | $Q_s$          | ... | $Q_k$          | $B=[S]$ |
|-------|----------------|----------------|----------------|-----|----------------|-----|----------------|---------|
| $X_1$ | $a_{11}$       | $a_{12}$       | $a_{13}$       | ... | $a_{1s}$       |     | $a_{1k}$       | $B_1$   |
| $X_2$ | $a_{21}$       | $a_{22}$       | $a_{23}$       | ... | $a_{2s}$       |     | $a_{2k}$       | $B_2$   |
| $X_3$ | $a_{31}$       | $a_{32}$       | $a_{33}$       | ... | $a_{3s}$       |     | $a_{3k}$       | $B_3$   |
| ...   | ...            | ...            | ...            | ... | ...            |     | ...            | ...     |
| $X_m$ | $a_{m1}$       | $a_{m2}$       | $a_{m3}$       | ... | $a_{ms}$       |     | $a_{mk}$       | $B_m$   |
| $X_k$ | $a_{k1}$       | $a_{k2}$       | $a_{k3}$       | ... | $a_{ks}$       |     | $a_{kk}$       | $B_k$   |
| G     | $C_1 = -$<br>1 | $C_2 = -$<br>1 | $C_3 = -$<br>1 |     | $C_s = -$<br>1 |     | $C_k = -$<br>1 |         |

Biến đổi bảng cơ sở theo nguyên tắc sau đây:

- Chọn cột cho phép: cột chứa giá trị tuyệt đối  $C_s$  lớn nhất. Giả thiết đó là cột  $s$  (cột tô đậm).

- Sau khi có cột cơ sở  $s$  ta đi tính các giá trị của cột này theo công thức:  $a_{js} = B_i/a_{is}; j=1, 2, \dots, k$ .

- Chọn hàng cho phép: hàng chứa giá trị nhỏ nhất từ các  $a_{js}$  tính trên đây. Giả sử đó là hàng  $m$  (hàng tô đậm).

Biến đổi bảng cơ sở theo các bước sau:

+ tính yếu tố cho phép:  $a_{ms}$  thay bằng  $a'_{ms} = 1/a_{ms}$ ;

+ các yếu tố của hàng cho phép:  $a'_{mi} = a_{mi}/a_{ms}$ ;

+ các yếu tố của cột cho phép:  $a'_{js} = -a_{js}/a_{ms}$ ;

+ các yếu tố còn lại bao gồm hàng tự do  $B$  và hàng  $G$  tính như sau:

$$a'_{ji} = a_{ji} - \frac{(a_{js} \cdot a_{mi})}{a_{ms}}$$

+ Thay đổi vị trí của biến số  $Q_s$  trong cột  $s$  cho biến  $X_m$  trong hàng  $m$ .

Biến đổi các bước tiếp theo như trong các bước trên đây cho đến khi tất cả các yếu tố của hàng  $G$  đều không âm (ứng với các  $X_i$ ).

Khi đó các giá trị  $B_{ki}$  ở cột cuối ứng với các  $X_i \geq 0$  chính là nghiệm của bài toán tối ưu.

Bảng Simplex cuối cùng ứng với giai đoạn biến đổi thứ  $k$  và các yếu tố của hàng  $G$  là  $C^k_i$  không âm có dạng:

**Bảng 2.** Bảng Simplex ở giai đoạn biến đổi thứ  $k$

| Q/X   | $X_1$      | $X_2$      | $X_3$      | ... | $X_{k-1}$ | $X_k$      | $B=[S]$ |
|-------|------------|------------|------------|-----|-----------|------------|---------|
| $Q_1$ | $a^k_{11}$ | $a^k_{12}$ | $a^k_{13}$ | ... | ...       | $a^k_{1k}$ | $B^k_1$ |
| $Q_2$ | $a^k_{21}$ | $a^k_{22}$ | $a^k_{23}$ | ... | ...       | $a^k_{2k}$ | $B^k_2$ |

|        |            |            |            |     |             |            |         |
|--------|------------|------------|------------|-----|-------------|------------|---------|
| $Q_3$  | $a_{31}^k$ | $a_{32}^k$ | $a_{33}^k$ | ... | ...         | $a_{3k}^k$ | $B_3^k$ |
| ...    | ...        | ...        | ...        | ... | ...         | ...        | ...     |
| $Q_k$  | $a_{k1}^k$ | $a_{k2}^k$ | $a_{k3}^k$ | ... | ...         | $a_{kk}^k$ | $B_k^k$ |
| $G=-F$ | $C_1^k$    | $C_2^k$    | $C_3^k$    |     | $C_{k-1}^k$ | $C_k^k$    |         |

Nghiệm tối ưu tương ứng là:

|          |         |
|----------|---------|
| $Q_1$    | $B_1^k$ |
| $Q_2$    | $B_2^k$ |
| ...      | ...     |
| $Q_{kt}$ | $B_k^k$ |

Trong trường hợp bài toán nhiều biến thì việc giải trên đây là rất lâu và mất khá nhiều thời gian. Chính vì vậy mà người ta giải theo một số thuật toán lập trình sẵn. Sau đây ứng dụng một trong các chương trình tính đã có sẵn để tìm nghiệm tối ưu.

Bài toán trên được thiết lập theo mô hình chuẩn của bài toán quy hoạch tuyến tính như sau:

$$\begin{aligned} F &= -\sum c_i Q_i \rightarrow \min \\ \sum a_{li} Q_i &\leq B_i \\ 0 \leq Q_i &\leq Q_{\max} \\ c_i &\geq 0 \end{aligned} \quad (18)$$

Bài toán trên còn có thể giải bằng Maple 9.5.

## 5. MINH HỌA LỜI GIẢI QUA VÍ DỤ CỤ THỂ

### 5.1. Giải bằng phương pháp Simplex

Sau đây chúng ta sẽ nghiên cứu một ví dụ: để cung cấp nước cho một xí nghiệp người ta đã khoan 3 lỗ khoan khai thác có đường kính ống lọc:  $r_{11} = r_{22} = r_{33} = 0,2$  m.

Tầng chứa nước áp lực, vô hạn có bề dày trung bình là 30 m, áp lực trên mái tầng chứa nước là 50 m. Từ tài liệu hút nước thí nghiệm đã xác định được hệ số dẫn nước  $T = 220 \text{ m}^2/\text{ng}$ , hệ số truyền áp  $a = 2,25.106 \text{ m}^2/\text{ng}$ .

Các lỗ khoan được bố trí theo tam giác với khoảng cách như sau:  $r_{12} = r_{21} = 300$  m;  $r_{13} = r_{31} = 400$  m và  $r_{23} = r_{32} = 500$  m. Thời gian dự kiến khai thác là  $t = 104$  ngày đêm (tương đương 27 năm). Theo tài liệu thăm dò, trị số hạ thấp mực nước cho phép tại các lỗ khoan có thể lấy bằng:  $[S]_1 = [S]_2 = [S]_3 = 50$  m.

Dựa vào (14) và các số liệu đã cho dễ dàng xác định được giá trị hàm ảnh hưởng ( $a_{ji}$ ,  $i = 1, 2, 3$ ;  $j = 1, 2, 3$ ) ứng với lưu lượng đơn vị (lấy bằng  $1000 \text{ m}^3/\text{ng}$ ). Bài toán tối ưu hóa được biểu diễn bởi hệ phương trình sau:

$$\begin{aligned} G &= -F = -Q_1 - Q_2 - Q_3 \rightarrow \min \\ 10,07Q_1 + 6,845Q_2 + 4,578Q_3 + X_1 &= 50 \\ 6,845Q_1 + 10,07Q_2 + 4,414Q_3 + X_2 &= 50 \\ 4,578Q_3 + 4,414Q_2 + 10,07Q_3 + X_3 &= 50 \\ 0 \leq Q_i &\leq Q_{\max} \end{aligned}$$

$X_1, X_2$  và  $X_3$  - là các biến số phụ không âm đưa vào theo phương pháp Simplex để bắt phương trình dạng (12) trở thành phương trình dạng (16). Lập bảng cơ sở (Bảng 3):

**Bảng 3.** Bảng cơ sở tính toán minh họa số

| X/Q      | $Q_1$ | $Q_2$ | $Q_3$ | B  |
|----------|-------|-------|-------|----|
| $X_1$    | 10,07 | 6,845 | 4,578 | 50 |
| $X_2$    | 6,845 | 10,07 | 4,414 | 50 |
| $X_3$    | 4,578 | 4,414 | 10,07 | 50 |
| $G = -F$ | -1,0  | -1,0  | -1,0  | 0  |

Biến đổi theo bảng Simplex giai đoạn thứ 3 cho ta kết quả như trong Bảng 4:

**Bảng 4.** Kết biến đổi bảng Simplex ở giai đoạn 3

| Q/X    | $X_1$  | $X_2$  | $X_3$  | B      |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| $Q_1$  | 0,036  | -0,118 | -0,037 | 2,046  |
| $Q_2$  | -0,115 | 0,191  | -0,031 | 2,204  |
| $Q_3$  | -0,440 | -0,025 | 0,129  | 3,129  |
| $G=-F$ | 0,039  | 0,047  | 0,027  | -7,397 |

Lời giải nhận được:

|        |        |
|--------|--------|
| $Q_1$  | 2,046  |
| $Q_2$  | 2,204  |
| $Q_3$  | 3,129  |
| $F=-G$ | +7,397 |

$$F = -G = +7379 \text{ m}^3/\text{ng}.$$

Như vậy, bằng phương pháp Simplex cho ta các giá trị lưu lượng khai thác tối ưu cho từng lỗ khoan:

$$Q_1 = 2046 \text{ m}^3/\text{ng}, \quad Q_2 = 2204 \text{ m}^3/\text{ng} \text{ và } Q_3 = 3129 \text{ m}^3/\text{ng}.$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 7379 \text{ m}^3/\text{ng} = \max.$$

## 5.2. Giải bằng phần mềm Maple 9.5

Dưới đây trích xuất kết quả giải theo Maple 9.5:

> restart;

with(simplex);

rb1:=10.07\*Q1+6.845\*Q2+4.578\*Q3<=50;

rb2:=6.845\*Q1+10.07\*Q2+4.414\*Q3<=50;

rb3:=4.578\*Q1+4.414\*Q2+10.07\*Q3<=50;

F:= -Q1- Q2- Q3;

ng:=minimize(F,t{rb1,rb2,rb3},

NONNEGATIVE);

toiuu:=subs(ng,F);

Warning, the protected names maximize and minimize have been redefined and unprotected.

[basis, convexhull, cterm, define\_zero, display, dual, feasible, maximize, minimize, pivot, pivoteqn, pivotvar, ratio, setup, standardize]

rb1:=10.07Q1+6.845Q2+4.578Q3≤50

rb2:=6.845Q1+10.07Q2+4.414Q3≤50

rb3:=4.578Q1+4.4145Q2+10.07Q3≤50

F:=-Q1-Q2-Q3

ng:={Q2=2.222571712,Q1=2.067418854,  
Q3=3.051024197}

toiuu:=-7.341014763

Giá trị nghiệm tối ưu:  $Q_1 = 2.067$ ;  $Q_2 = 2.222$ ;  
 $Q_3 = 3.051$ ;  $F_{\max} = 7341$ .

So sánh kết quả giải bằng Simplex ( $F_{\max} = 7379 \text{ m}^3/\text{ng}$ ) với lời giải bằng Maple 9.5 ( $F_{\max} = 7341 \text{ m}^3/\text{ng}$ ) cho ta thấy sai khác bằng 5,1% là không đáng kể.

## 6. KẾT LUẬN

Khai thác nước ngầm tất yếu làm cho mực nước ngầm trong tầng không áp giảm hoặc áp lực trong tầng chứa nước có áp giảm.

Trong cả hai trường hợp trên dẫn đến sự hạ thấp mặt đất.

Để giảm thiểu lún sụt mặt đất cần có biện pháp khai thác nước dưới đất sao cho vẫn đáp ứng lưu lượng cần thiết mà mực nước ngầm không hạ thấp quá giới hạn cho phép.

Hai giải pháp khai thác nước ngầm nhằm giảm thiểu hạ thấp mặt đất được đề xuất:

- Bãi giếng khai thác nước ngầm cần có nguồn bổ cập (gần sông, hồ hay nguồn nước tự nhiên khác).

- Tối ưu hóa lưu lượng khai thác của các giếng khai thác trong bãi giếng nhằm đảm bảo lưu lượng khai thác cực đại mà vẫn đảm bảo độ hạ thấp mực nước không vượt giá trị giới hạn.

## 7. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A.A. Konopdianxep, E.H. Iaxepva-Popova, Lún sụt mặt đất do khai thác nước ngầm, Nhà xuất bản Lòng đất, Mátxicova (Bản tiếng Nga), 1983.
- [2] Botrever Ph.M., Lý thuyết và phương pháp thực hành tính trữ lượng khai thác nước dưới đất, Nhà xuất bản Lòng đất, Mátxicova (Bản tiếng Nga), 1978.
- [3] I.K. Gavitch, Thủy động lực, Nhà xuất bản Lòng đất, Mátxicova (Bản tiếng Nga), 1988.
- [4] Sở Tài nguyên và Môi trường, TP. Hồ Chí Minh, Tóm tắt đề án: Xây dựng mạng quan trắc lún đất do khai thác nước ngầm vùng phía Nam Thành phố Hồ Chí Minh, 2005.

# **HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC TẾ: PHÁT TRIỂN XÂY DỰNG BỀN VỮNG TRONG ĐIỀU KIỆN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU KHU VỰC ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG - INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE CONSTRUCTION DEVELOPMENT IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE IN THE MEKONG DELTA (SCD2021)**

*Bộ Xây Dựng; Trường đại học Xây dựng Miền Tây; Trường đại học Xây dựng; Trường đại học Bách Khoa – ĐHQG TP. Hồ Chí Minh; Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam; Hội Kết cấu và công nghệ xây dựng Việt Nam; Hội Bê tông Việt Nam*

## **NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG**

37 LÊ ĐẠI HÀNH – QUẬN HAI BÀ TRƯNG – HÀ NỘI

Điện thoại: 024.37265180 Fax: 024.39785233

Website: [Nxbxaydung.com.vn](http://Nxbxaydung.com.vn)

Email: [sachdientu@nxbxaydung.com.vn](mailto:sachdientu@nxbxaydung.com.vn)

## **Văn phòng Đại diện tại Thành phố Hồ Chí Minh**

Địa chỉ: Lầu 4 tòa nhà văn phòng 159 Điện Biên Phủ, P. 15, Q. Bình Thạnh, TP. Hồ Chí Minh

Điện thoại: 028.22417279

## **Chịu trách nhiệm phát hành xuất bản phẩm điện tử:**

Giám đốc – Tổng Biên tập:

NGÔ ĐỨC VINH

## **Chịu trách nhiệm nội dung:**

Giám đốc - Tổng Biên tập: NGÔ ĐỨC VINH

Biên tập viên: LÊ HỒNG THÁI

Chế bản: NGUYỄN HỮU LONG

Thiết kế bìa: VŨ THỊ BÌNH MINH

---

Xuất bản phẩm điện tử được đăng tải tại địa chỉ Website của Nhà xuất bản xây dựng: [Nxbxaydung.com.vn](http://Nxbxaydung.com.vn).

Định dạng: PDF

Dung lượng: 58 (MB).

Số xác nhận ĐKXB: 3538-2021-CXBIPH/01-340/XD cấp ngày 11 tháng 10 năm 2021.

Mã ISBN: 978-604-82-5956-3

QĐXB số: 1252-2021/QĐ-XBSĐT-NXBXD ngày 13 tháng 10 năm 2021.

QĐPH số: 1252-2021/QĐ-PHSĐT-NXBXD ngày 15 tháng 10 năm 2021.

# HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC TẾ PHÁT TRIỂN XÂY DỰNG BỀN VỮNG TRONG ĐIỀU KIỆN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU KHU VỰC ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

International Conference on sustainable  
construction development  
in the context of climate change  
in the Mekong Delta (SCD2021)



**MTU**  
Ministry of Construction  
Mien Tay Construction University



ISBN: 978-604-82-5956-3

