

**BỘ GIÁO DỤC  
VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC  
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

**HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ**

-----



**NGHIÊN CỨU YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN LƯỢNG BỒ  
CẤP TỪ NƯỚC MƯA CHO NƯỚC DƯỚI ĐẤT CÁC  
TRẦM TÍCH ĐỆ TỨ VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ ĐỊA CHẤT HỌC**

**HÀ NỘI - 2023**

**BỘ GIÁO DỤC  
VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC  
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

**HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ**

-----

**NGHIÊN CỨU YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN LƯỢNG BỔ  
CẬP TỪ NƯỚC MƯA CHO NƯỚC DƯỚI ĐẤT CÁC  
TRÂM TÍCH ĐỆ TỨ VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ ĐỊA CHẤT HỌC**

**Mã số: 9.44.02.01**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:**

- 1. PGS.TS Phạm Quý Nhân**
- 2. TS Trần Quốc Cường**

## LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan luận án: "**Nghiên cứu yếu tố ảnh hưởng đến lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất các trầm tích đệ tứ vùng đồng bằng sông Hồng**" là công trình nghiên cứu của chính mình dưới sự hướng dẫn khoa học của tập thể hướng dẫn. Luận án sử dụng thông tin trích dẫn từ nhiều nguồn tham khảo khác nhau và các thông tin trích dẫn được ghi rõ nguồn gốc. Các kết quả nghiên cứu của tôi được công bố chung với các tác giả khác đã được sự nhất trí của đồng tác giả khi đưa vào luận án. Các số liệu, kết quả được trình bày trong luận án là hoàn toàn trung thực và chưa từng được công bố trong bất kỳ một công trình nào khác ngoài các công trình công bố của tác giả. Luận án được hoàn thành trong thời gian tôi làm nghiên cứu sinh tại Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Tác giả luận án



**Lê Việt Hùng**

## LỜI CẢM ƠN

Luận án được thực hiện và hoàn thành tại Viện Địa chất, Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam dưới sự hướng dẫn khoa học của PGS.TS Phạm Quý Nhân (Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội) và TS. Trần Quốc Cường (Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam).

Trong suốt thời gian học tập, nghiên cứu, viết luận án, tác giả đã nhận được sự động viên tinh thần và hướng dẫn tận tình của Tiểu ban hướng dẫn. Tác giả cũng luôn nhận được sự giúp đỡ, góp ý và động viên của tập thể cán bộ và đội ngũ khoa học của Viện Địa chất, Viện Hàn lâm và Khoa học Công nghệ Việt Nam; Ban Giám hiệu, lãnh đạo Khoa Tài nguyên nước, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội; các thầy cô giáo Bộ môn Địa chất Thủy văn, Đại học Mở Địa chất; Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước Quốc gia; Hội Địa chất thủy văn Việt Nam... Các nhà khoa học và chuyên gia: PGS.TS Đoàn Văn Cảnh, TS. Đặng Đức Nhận... đã giúp đỡ về tinh thần để hoàn thành luận án này.

Tác giả cũng xin cảm ơn dự án OKP, Hà Lan, đã cho tác giả cơ hội được học tập, nghiên cứu cũng như đã tài trợ kinh phí thực hiện các công tác thực địa theo hướng nghiên cứu của đề tài luận án. Qua đây tác giả cũng xin chân thành cảm ơn sự hợp tác và giúp đỡ của TU Delft, Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Bắc đã hỗ trợ tác giả trong công tác lấy và phân tích mẫu; đã tạo điều kiện cho tác giả tiến hành các thí nghiệm ngoài thực địa và hỗ trợ thiết bị sử dụng tại hiện trường.

Tác giả xin cảm ơn Ban Lãnh đạo, phòng Đào tạo, các phòng chức năng của Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã giúp đỡ và tạo điều kiện thuận lợi để tác giả hoàn thành bản luận án của mình.

Một lần nữa tác giả xin được bày tỏ lòng biết ơn chân thành đối với tất cả những giúp đỡ quý báu đó!

Tác giả luận án



**Lê Việt Hùng**

## MỤC LỤC

<b>LỜI CẢM ƠN</b> .....	<b>iv</b>
<b>MỤC LỤC</b> .....	<b>v</b>
<b>DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT</b> .....	<b>ix</b>
<b>DANH MỤC BẢNG</b> .....	<b>xi</b>
<b>DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ</b> .....	<b>xiii</b>
<b>MỞ ĐẦU</b> .....	<b>1</b>
1. Lý do chọn đề tài .....	1
2. Mục tiêu nghiên cứu .....	1
3. Nội dung nghiên cứu.....	2
4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài .....	2
5. Những điểm mới của luận án.....	3
6. Cấu trúc luận án .....	4
<b>CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ KHU VỰC NGHIÊN CỨU VÀ CÁC NGHIÊN CỨU VỀ BỔ CẬP TỪ NƯỚC MƯA CHO NƯỚC DƯỚI ĐẤT</b> .....	<b>5</b>
1.1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM .....	5
1.2. TỔNG QUAN VỀ KHU VỰC NGHIÊN CỨU .....	6
1.2.1. Vị trí vùng nghiên cứu .....	6
1.2.2. Đặc điểm địa hình.....	7
1.2.3. Đặc điểm khí hậu.....	8
1.2.4. Đặc điểm thủy văn, hải văn .....	12
1.3. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU BỔ CẬP TỪ NƯỚC MƯA CHO NƯỚC DƯỚI ĐẤT TRÊN THẾ GIỚI VÀ Ở VIỆT NAM .....	13
1.3.1. Nghiên cứu bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất trên thế giới.....	13
1.3.2. Nghiên cứu bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất ở Việt Nam.....	26
1.4. KẾT LUẬN CHƯƠNG 1 .....	29
<b>CHƯƠNG 2. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT, ĐỊA MẠO, ĐỊA CHẤT THỦY VĂN KHU VỰC NGHIÊN CỨU</b> .....	<b>31</b>
2.1. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT .....	31
2.1.1. Các thành tạo trước Đệ tứ.....	31
2.1.2. Các thành tạo Đệ tứ.....	31
2.1.3. Các quá trình địa chất ĐBSH.....	35
2.1.4. Đặc điểm kiến tạo và các đới kiến trúc .....	35
2.2. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA MẠO .....	38
2.3. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT THỦY VĂN .....	40

2.3.1. Các tầng chứa nước lỗ hổng .....	43
2.3.2. Các trầm tích thấm nước yếu .....	47
2.3.3. Đặc điểm động thái nước dưới đất đồng bằng sông Hồng .....	47
2.4. KẾT LUẬN CHƯƠNG 2 .....	51
<b>CHƯƠNG 3. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....</b>	<b>52</b>
3.1. DỮ LIỆU NGHIÊN CỨU .....	52
3.1.1. Dữ liệu thu thập phục vụ phân vùng tiềm năng bổ cập nước dưới đất ....	52
3.1.2. Dữ liệu kết quả phân tích mẫu đồng vị.....	54
3.1.3. Dữ liệu cân bằng tính bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất.....	54
3.1.4. Dữ liệu đầu vào cho mô hình MODFLOW xác định vai trò cung cấp thấm .....	54
3.2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU .....	57
3.2.1. Phương pháp viễn thám.....	57
3.2.2. Phương pháp phân tích không gian trong GIS .....	58
3.2.3. Phương pháp chuyên gia .....	59
3.2.4. Phương pháp phân tích thứ bậc (Analytic Hierarchy Process - AHP)....	60
3.2.5. Phương pháp thủy văn đồng vị.....	63
3.2.6. Phương pháp xác định giá trị cung cấp thấm từ nước mưa cho nước dưới đất bằng phương trình sai phân hữu hạn của Kamenxki. ....	67
3.2.7. Phương pháp mô hình .....	69
3.3. KẾT LUẬN CHƯƠNG 3. ....	70
<b>CHƯƠNG 4. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG, PHÂN VÙNG TIỀM NĂNG VÀ KẾT QUẢ XÁC ĐỊNH LƯỢNG BỔ CẬP TỪ NƯỚC MƯA CHO NƯỚC DƯỚI ĐẤT TẦNG CHỨA NƯỚC HOLOCEN VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG .....</b>	<b>71</b>
4.1. CƠ SỞ XÁC ĐỊNH YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG BỔ CẬP TỪ NƯỚC MƯA CHO NƯỚC DƯỚI ĐẤT.....	71
4.1.1. Đặc tính thấm của đất .....	71
4.1.2. Các nghiên cứu về tính thấm của đất.....	74
4.1.3. Tham khảo ý kiến các chuyên gia.....	77
4.2. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN BỔ CẬP TỪ NƯỚC MƯA CHO NƯỚC DƯỚI ĐẤT TẦNG CHỨA NƯỚC HOLOCEN VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG .....	77
4.2.1. Lượng mưa.....	78
4.2.2. Lớp phủ mặt đất, sử dụng đất.....	80

4.2.3. Loại đất.....	83
4.2.4. Trầm tích Đệ tứ và đá gốc.....	85
4.2.5. Mực nước dưới đất.....	89
4.2.6. Địa mạo.....	90
4.2.7. Độ dốc địa hình.....	92
4.2.8. Mật độ sông suối.....	95
4.3. PHÂN VÙNG TIỀM NĂNG BỔ CẬP TỪ NƯỚC MƯA CHO NƯỚC DƯỚI ĐẤT.....	97
4.4. KẾT QUẢ XÁC ĐỊNH LƯỢNG BỔ CẬP TỪ NƯỚC MƯA CHO NƯỚC DƯỚI ĐẤT TẦNG CHỨA NƯỚC HOLOCEN VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG.....	99
4.4.1. Sử dụng phương pháp thủy văn đồng vị.....	99
4.4.2. Sử dụng phương pháp xác định giá trị cung cấp thấm từ nước mưa cho nước dưới đất bằng phương trình sai phân hữu hạn của Kamenxki.....	109
4.4.3. Đánh giá chung.....	114
4.5. KẾT LUẬN CHƯƠNG 4.....	116
<b>CHƯƠNG 5. VAI TRÒ CỦA NƯỚC MƯA ĐỐI VỚI SỰ HÌNH THÀNH TRỮ LƯỢNG NƯỚC DƯỚI ĐẤT TRẦM TÍCH ĐỆ TỨ VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG.....</b>	<b>117</b>
5.1. XÂY DỰNG CÁC THÔNG SỐ CHO MÔ HÌNH.....	117
5.1.1. Xây dựng lưới cho mô hình.....	117
5.1.2. Xây dựng mặt cắt địa chất thủy văn.....	117
5.1.3. Cập nhật và chỉnh lý thông số Địa chất thủy văn.....	118
5.1.4. Biến động các nguồn cung cấp thấm theo thời gian.....	120
5.1.5. Kết đánh giá sai số chỉnh lý mô hình.....	123
5.2. VAI TRÒ LƯỢNG BỔ CẬP TỪ NƯỚC MƯA ĐỐI VỚI SỰ HÌNH THÀNH TRỮ LƯỢNG NƯỚC DƯỚI ĐẤT TRẦM TÍCH ĐỆ TỨ VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG.....	131
5.2.1. Tầng chứa nước Holocen.....	131
5.2.2. Tầng chứa nước Pleistocen.....	133
5.2.3. Tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ.....	136
5.3. KẾT LUẬN CHƯƠNG 5.....	138
<b>KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....</b>	<b>139</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO.....</b>	<b>141</b>

<b>DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN .....</b>	<b>149</b>
<b>PHỤ LỤC .....</b>	<b>150</b>
<b>PHỤ LỤC 1. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH TRITI <sup>3</sup>H.....</b>	<b>150</b>
<b>PHỤ LỤC 2. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH ĐỒNG VỊ BỀN <sup>18</sup>O VÀ <sup>2</sup>H MẪU NƯỚC MẶT.....</b>	<b>151</b>
<b>PHỤ LỤC 3. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH ĐỒNG VỊ BỀN <sup>18</sup>O VÀ <sup>2</sup>H MẪU NƯỚC DƯỚI ĐẤT.....</b>	<b>152</b>
<b>PHỤ LỤC 4. VỊ TRÍ CÁC ĐIỂM LẤY MẪU NƯỚC MẶT VÀ KẾT QUẢ PHÂN TÍCH ĐỒNG VỊ BỀN.....</b>	<b>158</b>
<b>PHỤ LỤC 5. VỊ TRÍ LẤY MẪU NDĐ TẠI CÁC LK QUAN TRẮC VÀ KẾT QUẢ PHÂN TÍCH ĐỒNG VỊ BỀN, ĐỒNG VỊ PHÓNG XẠ.....</b>	<b>160</b>
<b>PHỤ LỤC 6. KẾT QUẢ CHỈNH LÝ MÔ HÌNH VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG.....</b>	<b>164</b>
<b>PHỤ LỤC 7. BẢNG HỎI Ý KIẾN CHUYÊN GIA .....</b>	<b>180</b>



## **DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT**

AHP	Analytic Hierarchy Process - Tiến trình phân tích thứ bậc
BĐKH	Biến đổi khí hậu
BTNMT	Bộ Tài nguyên và Môi trường
CCRS	Canada Centre for Remote Sensing - Trung tâm viễn thám Canada
CDA	Canada Dam Association - Hiệp hội các Đập của Canada
CSDL	Cơ sở dữ liệu
CRDS	Cavity Ring-down Spectroscopy - Quang phổ vòng hấp phụ
DEM	Digital Elevation Model - mô hình số độ cao
DPM	Deep Percolation Model - mô hình thấm sâu
ĐBSH	Đồng bằng sông Hồng
ĐC	Địa chất
ĐCTV	Địa chất thủy văn
EORC	Earth Observation Research Center - Trung tâm Nghiên cứu Quan sát Trái đất
ETM+	Enhanced Thematic Mapper Plus - Bản đồ chuyên đề nâng cao
FAO	Food and Agriculture Organization Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hợp Quốc
GIS	Geographic Information Systems - Hệ thống thông tin địa lý
GMWL	Global Meteoric Water Line - Đường nước khí tượng toàn cầu
IAEA	International Atomic Energy Agency - Cơ quan năng lượng nguyên tử quốc tế
IGPVN	Improvement Groundwater Protection of Viet Nam - Tăng cường bảo vệ nước dưới đất tại Việt Nam
INST	Institut for Nuclear Science and Technology - Viện Khoa học và Công nghệ Hạt nhân
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change - Ủy ban liên Chính phủ về biến đổi khí hậu
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency - Cơ quan thăm dò hàng không vũ trụ Nhật Bản
KTTV	Khí tượng thủy văn
LK	Lỗ khoan
LMWL	Local meteoric water lines - Đường nước khí tượng địa phương
LGM	Last Glacial Maximum - cực đại băng hà lần cuối
LSC	Liquid scintillation counting - Đếm nhấp nháy lỏng

MNB	Mực nước biển
MWL	Meteoric Water Line - Đường nước khí tượng
NCS	Nghiên cứu sinh
NDĐ	Nước dưới đất
OKP	Orange Knowledge Program - chương trình tri thức màu cam
OLI	Operational Land Imager - Bộ thu nhận ảnh mặt đất
OLSR	Ordinary Least Squares Regression - Hồi quy bình phương tối thiểu
RMA	Reduced Major Axis regression - Hồi quy trục chính rút gọn
SOI	Survey of India - Cục khảo sát Ấn Độ
STNMT	Sở Tài nguyên và Môi trường
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission - Nhiệm vụ quan sát địa hình bằng radar từ tàu con thoi
TCN	Tầng chứa nước
TKT	Tân kiến tạo
TLCTKT	Trữ lượng có thể khai thác
TNNĐĐ	Tài nguyên nước dưới đất
TP	Thành phố
TTQHĐTTNNQG	Trung tâm Quy hoạch và điều tra Tài nguyên nước Quốc gia
USGS	United States Geological Survey - Cục địa chất Hoa kỳ
VSMOW	Vienna Standard Mean Ocean Water - Chuẩn mẫu nước đại dương trung bình do Phòng Thủy văn Đồng vị Vienna, Áo chuẩn bị
WTF	Water Table Fluctuation - Dao động biên độ mực nước dưới đất

## DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1. Đặc trưng lượng mưa năm (mm) ĐBSH giai đoạn 1960-2018 .....	8
Bảng 1.2. Tổng lượng mưa trung bình tháng và năm (mm) ĐBSH giai đoạn 1960 - 2018.....	9
Bảng 1.3. Lượng bốc hơi trung bình tháng và năm (mm) ĐBSH giai đoạn 1960 - 2018 .....	9
Bảng 1.4. Nhiệt độ không khí trung bình (°C) ĐBSH giai đoạn 1960 - 2018 .....	10
Bảng 1.5. Các nghiên cứu thực hiện theo phương pháp quan trắc biến động mực nước .....	14
Bảng 1.6. Bỏ cập nước dưới đất khu vực San Juan, 1997-1998 .....	15
Bảng 1.7. Tác động của BĐKH đến bỏ cập nước dưới đất lưu vực Nets, Bỉ .....	16
Bảng 1.8. Lượng bỏ cập trung bình năm theo các phương pháp khác nhau (mm/năm) .....	17
Bảng 1.9. Thành phần cung cấp thấm theo không gian ở Zagreb.....	19
Bảng 1.10. Thống kê của Cục Địa chất Mỹ về các công trình nghiên cứu về bỏ cập nước dưới đất .....	21
Bảng 1.11. Các phương pháp và giá trị bỏ cập nước dưới đất theo phần trăm lượng mưa vùng khí hậu ẩm ướt, Mỹ .....	25
Bảng 2.1. Mực nước TB cực trị tháng II qua các thời kỳ .....	44
Bảng 3.1. Dữ liệu mưa tại các trạm quan trắc.....	52
Bảng 3.2. Dữ liệu viễn thám sử dụng.....	53
Bảng 3.3. Quy đổi gần đúng độ phân giải không gian sang tỉ lệ bản đồ .....	53
Bảng 3.4. Thống kê khối lượng công tác trong quá trình thực hiện luận án.....	54
Bảng 3.5. Thang đánh giá tầm quan trọng tương đối.....	61
Bảng 3.6. Bảng so sánh thể hiện mối quan hệ giữa các yếu tố đang xét .....	61
Bảng 3.7. Tổng điểm của các yếu tố theo cột .....	62
Bảng 3.8. Xác định trọng số của các yếu tố .....	62
Bảng 3.9 . Bảng tra chỉ số $R_I$ .....	63
Bảng 4.1. Các thông số của mô hình Green-Ampt theo loại đất .....	74
Bảng 4.2. Tốc độ thấm ổn định với từng loại đất .....	74
Bảng 4.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến lượng bỏ cập từ nước mưa cho nước dưới đất vùng ĐBSH .....	78
Bảng 4.4. Thang điểm và trọng số ảnh hưởng của yếu tố lượng mưa .....	79
Bảng 4.5. Các yếu tố của dữ liệu lớp phủ bề mặt- sử dụng đất .....	81
Bảng 4.6. Thang điểm và trọng số ảnh hưởng của yếu tố lớp phủ bề mặt.....	81

Bảng 4.7. Thang điểm và trọng số ảnh hưởng của yếu tố loại đất.....	83
Bảng 4.8. Mô tả trầm tích Đệ tứ và đá gốc vùng ĐBSH .....	85
Bảng 4.9. Thang điểm và trọng số ảnh hưởng của yếu tố trầm tích Đệ tứ và đá gốc .....	87
Bảng 4.10. Trọng số ảnh hưởng của yếu tố mực nước dưới đất.....	89
Bảng 4.11. Thang điểm và trọng số ảnh hưởng của yếu tố địa mạo.....	91
Bảng 4.12. Phân loại độ dốc địa hình .....	93
Bảng 4.13. Thang điểm và trọng số ảnh hưởng của yếu tố độ dốc địa hình.....	93
Bảng 4.14. Phân cấp mật độ sông suối .....	95
Bảng 4.15. Thang điểm và trọng số ảnh hưởng của yếu tố mật độ sông suối .....	95
Bảng 4.16. Điểm và trọng số của các yếu tố ảnh hưởng.....	97
Bảng 4.17. Sự đóng góp của nước sông, nước mưa vào nước dưới đất trầm tích Đệ tứ ĐBSH .....	102
Bảng 4.18. Kết quả tính tuổi $^3\text{H}$ tại khu vực nghiên cứu .....	103
Bảng 4.19. Giá trị cung cấp thấm TCN Holocen (qh2) tại PK06, TC02, TC06.....	105
Bảng 4.20. Giá trị cung cấp thấm TCN Holocen (qh2) .....	105
Bảng 4.21. Đại lượng cung cấp thấm TCN Holocen (qh2) theo phương pháp thủy văn đồng vị.....	108
Bảng 4.22. Các thông số đặc trưng của sân cân bằng Thọ An- Đan Phượng. ....	109
Bảng 4.23. Kết quả tính lượng bổ cập tại sân cân bằng Thọ An (W; mm/năm).....	112
Bảng 4.24. Kết quả lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất theo các phương pháp khác nhau.....	114
Bảng 4.25. Vị trí nghiên cứu của Postma tại Nam Dư.....	115
Bảng 4.26. Tổng lượng cung cấp thấm TCN Holocen theo các phương pháp khác nhau ( $\text{m}^3/\text{ngày}$ ) .....	115
Bảng 5.1. Thành phần tham gia vào cân bằng nước TCN Holocen (%) .....	133
Bảng 5.2. Thành phần tham gia vào cân bằng nước TCN Pleistocen (%).....	135
Bảng 5.3. Các thành phần tham gia cân bằng nước TCNDĐ trầm tích Đệ tứ.....	136

## DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ

Hình 1. Sơ đồ khung logic nghiên cứu của luận án .....	3
Hình 1.1. Vị trí vùng nghiên cứu trong đồng bằng sông Hồng.....	7
Hình 1.2. Đặc trưng ẩm theo tháng thời kỳ 1960 - 2018 tại a) Sơn Tây, b) Thái Bình .....	11
Hình 1.3. Hệ thống sông ĐBSH.....	12
Hình 1.4. Sơ đồ xâm nhập mặn hệ thống cửa sông ven biển vùng ĐBSH .....	13
Hình 1.5. Thành phần đồng vị của nước mưa ở Zagreb, Ljubljana quan sát trong lỗ khoan ở tầng chứa nước Zagreb và sông Sava.....	18
Hình 1.6. Các nghiên cứu về bổ cập nước dưới đất cho các TCN Đệ tứ ĐBSH .....	30
Hình 2.1. Sơ đồ trầm tích Đệ tứ ĐBSH .....	32
Hình 2.2 Các đới cấu trúc vùng ĐBSH.....	37
Hình 2.3. Hình thái địa hình đồng bằng sông Hồng .....	39
Hình 2.4. Các tuyến mặt cắt địa chất thủy văn ĐBSH.....	40
Hình 2.5. Các mặt cắt địa chất thủy văn ĐBSH (tuyến AA', BB') .....	41
Hình 2.6. Các cắt địa chất thủy văn ĐBSH (tuyến CC', DD', EE') .....	42
Hình 2.7. Diễn biến mực nước TCN Holocen tháng II năm 2021 .....	45
Hình 2.8. Bản đồ phân vùng động thái nước dưới đất tầng chứa nước Holocen (qh) .....	48
Hình 2.9. Bản đồ phân vùng động thái nước dưới đất tầng chứa nước Pleistocen, qp .....	50
Hình 3.1. Nguyên lý hoạt động của viễn thám.....	57
Hình 3.2. Nguyên lý phân tích không gian bằng bản đồ.....	59
Hình 3.3. Lấy mẫu nước dưới đất .....	66
Hình 3.4. Lấy mẫu nước mặt lục địa.....	67
Hình 3.5. Hệ thống cân bằng cho dòng chảy 2 chiều .....	68
Hình 4.1. Mô hình thấm Green and Ampt: a) Các thông số, b) Sơ đồ thấm .....	71
Hình 4.2. Quá trình thấm theo Green and Ampt .....	73
Hình 4.3. Quá trình thấm và lượng chảy tràn.....	73
Hình 4.4. Quan hệ giữa tốc độ thấm của đất và độ dốc địa hình .....	75
Hình 4.5. Ảnh hưởng lớp phủ đến tốc độ thấm của đất .....	75
Hình 4.6. Vị trí các khu vực nghiên cứu tại Ấn Độ .....	76
Hình 4.7. Thống kê trình độ chuyên môn của các chuyên gia được tham vấn .....	77
Hình 4.8. Thống kê lĩnh vực nghiên cứu của các chuyên gia được tham vấn .....	77
Hình 4.9. Ảnh hưởng của lượng mưa đến khả năng bổ cập nước dưới đất .....	80

Hình 4.10. Ảnh hưởng của lớp phủ bề mặt đến khả năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất .....	82
Hình 4.11. Ảnh hưởng của loại đất đến bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất .....	84
Hình 4.12. Phân bố của trầm tích Đệ tứ và đá gốc khu vực nghiên cứu.....	86
Hình 4.13. Ảnh hưởng của trầm tích Đệ tứ và đá gốc đến bổ cập nước dưới đất.....	88
Hình 4.14. Ảnh hưởng của mực nước dưới đất đến khả năng bổ cập.....	90
Hình 4.15. Ảnh hưởng của địa mạo đến tiềm năng bổ cập nước dưới đất .....	92
Hình 4.16. Ảnh hưởng của độ dốc địa hình đến tiềm năng bổ cập nước dưới đất ...	94
Hình 4.17. Ảnh hưởng của mật độ sông suối đến khả năng bổ cập.....	96
Hình 4.18. Phân tích không gian trong ArcGIS .....	98
Hình 4.19. Tiềm năng bổ cập nước dưới đất theo GRI.....	99
Hình 4.20. Thành phần đồng vị của nước dưới đất (GW line), nước mặt (Surface water line) và đường nước khí tượng khu vực (RMWL) của ĐBSH .....	101
Hình 4.21. Mặt cắt mô tả công thức J.T David.....	104
Hình 4.22. Mối quan hệ giữa chiều sâu mực nước dưới đất ( $H_{mn}$ ) và tuổi ở khu vực Hà Nội (xem Hình 4.25) a) Q1, Q33, PK06; b) PK06, TC02, TC06.....	106
Hình 4.23. Mối quan hệ giữa chiều sâu mực nước dưới đất ( $H_{mn}$ ) và tuổi ở khu vực Hà Nam, Hưng Yên, Bắc Ninh .....	107
Hình 4.24. Mối quan hệ giữa chiều sâu mực nước dưới đất ( $H_{mn}$ ) và tuổi ở khu vực Nam Định, Ninh Bình, Hải Phòng a) LK Q 164, Q147, Q159, Q108 b) LK Q158, Q110, Q109 .....	107
Hình 4.25. Kết quả phân vùng bổ cập và lượng bổ cập theo Triti ( $^3H$ ) .....	109
Hình 4.26. Sơ đồ bố trí sân cân bằng Thọ An- Đan Phượng .....	110
Hình 4.27. Dao động mực nước tại các lỗ khoan tại sân cân bằng Thọ An.....	111
Hình 4.28. Lượng mưa (xanh lam) và lượng bổ cập (màu cam) cập tại sân cân bằng Thọ An (2011-2018) .....	113
Hình 5.1. Thiết kế lưới sai phân trên diện tích vùng nghiên cứu.....	117
Hình 5.2. Mặt cắt trên mô hình theo phương Đông Tây.....	118
Hình 5.3. Mặt cắt trên mô hình theo phương Bắc Nam.....	118
Hình 5.4. Biên biên khu vực nghiên cứu a) TCN Hoclocen b) TCN Pleistocen ....	119
Hình 5.5. Biên đá gốc khu vực nghiên cứu.....	119
Hình 5.6. Hiện trạng khai thác khu vực đồng bằng sông Hồng .....	120
Hình 5.7. Lượng bổ cập của nước sông cho NĐĐ cho TCN qh và qp vùng ĐBSH .....	121

Hình 5.8. Lượng bổ cập của nước sông cho NĐĐ cho TCN qh và qp ở Nam Hà Nội .....	121
Hình 5.9. Lượng bổ cập của nước mưa cho NĐĐ vùng ĐBSH.....	122
Hình 5.10. Biên động lưu lượng dòng thấm từ biên đá gốc vùng rìa ĐBSH tại đoạn Chùa Thầy - Ninh Bình .....	123
Hình 5.11. Mạng lưới quan trắc quốc gia môi trường NĐĐ vùng ĐBSH.....	124
Hình 5.12. Hệ số thấm tầng chứa nước Holocen .....	125
Hình 5.13. Hệ số thấm tầng chứa nước Pleistocen .....	125
Hình 5.14. Hệ số nhả nước đàn hồi TCN Pleistocen .....	126
Hình 5.15. So sánh mực nước theo số liệu tính toán của mô hình và quan trắc tại các lỗ khoan quan trắc tầng chứa nước Holocen.....	127
Hình 5.16. Đường thủy đẳng cao TCN Holocen (qh) tháng 1 năm 2018 .....	128
Hình 5.17. Kết quả so sánh mực nước tính toán theo mô hình và quan trắc tại các lỗ khoan quan trắc TCN Holocen (qh).....	128
Hình 5.18. So sánh mực nước theo số liệu tính toán của mô hình và quan trắc tại các lỗ khoan quan trắc tầng chứa nước Pleistocen.....	129
Hình 5.19. Đường thủy đẳng áp TCN Pleistocen tháng 1/2018 .....	130
Hình 5.20. Kết quả so sánh mực nước tính toán theo mô hình và quan trắc tại các lỗ khoan quan trắc TCN Pleistocen (qp).....	130
Hình 5.21. Thành phần tham gia vào cân bằng nước TCN Holocen: a) Tháng 3, b) Tháng 6, c) Tháng 9, d) Tháng 12.....	132
Hình 5.22. Thành phần tham gia vào cân bằng nước TCN Holocen theo thời gian. .....	133
Hình 5.23. Thành phần tham gia vào cân bằng nước TCN Pleistocen: a) Tháng 3, b) Tháng 6, c) Tháng 9, d) Tháng 12.....	134
Hình 5.24. Thành phần tham gia vào cân bằng nước TCN Pleistocen theo thời gian. .....	136
Hình 5.25. Thành phần tham gia vào cân bằng nước TCN dưới đất trầm tích Đệ tứ .....	137

## MỞ ĐẦU

### 1. Lý do chọn đề tài

Đồng bằng sông Hồng (ĐBSH) có vĩ độ  $21^{\circ}34'$  Bắc đến  $19^{\circ}5'$  Bắc và  $105^{\circ}17'$  Đông đến  $107^{\circ}7'$  Đông, gồm 11 tỉnh thành phố, rộng hơn  $21260 \text{ km}^2$ , là một trong hai đồng bằng lớn nhất cả nước, mật độ dân số cao, là nơi sinh sống của khoảng 22,9 triệu người.

Các tầng chứa nước dưới đất ĐBSH cung cấp một lượng lớn nước phục vụ nhu cầu cho sinh hoạt và sản xuất của Hà Nội cũng như Vĩnh Yên, Phúc Yên, Bắc Ninh, Hưng Yên... Tuy nhiên, hiện nay, việc khai thác tài nguyên nước nói chung và tài nguyên nước dưới đất nói riêng ở một số nơi, một số vùng chưa hợp lý dẫn đến các nguồn nước có nguy cơ bị suy thoái, ô nhiễm, xâm nhập mặn... Vấn đề này đã và đang là thách thức đối với các nhà khoa học, nhà quản lý.

Lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất là thành phần cơ bản tạo nên cân bằng nước của một lưu vực và là cơ sở để khai thác, sử dụng tài nguyên nước dưới đất một cách bền vững. Hiện nay, nhiều nghiên cứu đã tiến hành tính toán lượng bổ cập cho nước dưới đất vùng ĐBSH, tuy nhiên, các nghiên cứu này thường chỉ xác định cho một điểm hay một khu vực mang tính địa phương, chưa có nghiên cứu trên toàn vùng. Mặt khác, trong các nghiên cứu trước đây, việc phân vùng tiềm năng giá trị bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất các trầm tích Đệ tứ vùng ĐBSH cũng chưa được thực hiện mà chủ yếu tính toán và xác định lượng bổ cập cho nước dưới đất từ sông, từ đá gốc hoặc từ các TCN khác. Chính vì vậy, đề tài "**Nghiên cứu yếu tố ảnh hưởng đến lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất các trầm tích đệ tứ vùng đồng bằng sông Hồng**" có ý nghĩa khoa học và thực tiễn. Kết quả nghiên cứu sẽ được so sánh, đánh giá với các kết quả nghiên cứu trước đây nhằm xác định các yếu tố ảnh hưởng đến lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất, đồng thời làm hiểu biết rõ, đầy đủ hơn vai trò của nước mưa cũng như các thành phần cung cấp thấm khác của đồng bằng góp phần vào công tác quản lý, khai thác sử dụng bền vững tài nguyên nước nói chung, tài nguyên nước dưới đất nói riêng vùng ĐBSH.

### 2. Mục tiêu nghiên cứu

#### *Mục tiêu tổng quát:*

Xác định được các yếu tố ảnh hưởng và tính toán được lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất các trầm tích Đệ tứ vùng đồng bằng sông Hồng.

#### *Mục tiêu cụ thể:*

Xác định được các yếu tố ảnh hưởng chính, yếu tố ảnh hưởng thứ yếu đến lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất vùng ĐBSH.



Phân được vùng tiềm năng bổ cập nước dưới đất và xác định được lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất các trầm tích Đệ tứ vùng đồng bằng sông Hồng.

Đánh giá được vai trò thành phần cung cấp thấm của nước mưa trong sự hình thành trữ lượng nước dưới đất trầm tích Đệ tứ vùng đồng bằng sông Hồng.

### **3. Nội dung nghiên cứu**

*Đối tượng nghiên cứu:* nước mưa, nước dưới đất các trầm tích Đệ tứ ĐBSH và các yếu tố ảnh hưởng đến lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất.

*Phạm vi nghiên cứu:* TCN dưới đất trên cùng vùng đồng bằng sông Hồng, gồm chủ yếu là TCN Holocen và một phần nhỏ TCN Pleistocen lộ ra trên mặt.

*Nội dung nghiên cứu:*

Tổng quan về vùng nghiên cứu và các nghiên cứu về bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất trên thế giới, ở Việt Nam.

Làm sáng tỏ thêm đặc điểm địa chất, địa mạo, địa chất thủy văn đồng bằng sông Hồng.

Nghiên cứu yếu tố ảnh hưởng, phân vùng tiềm năng bổ cập và xác định lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất các trầm tích Đệ tứ vùng đồng bằng sông Hồng.

Nghiên cứu vai trò của bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất đối với sự hình thành trữ lượng nước dưới đất trầm tích Đệ tứ vùng đồng bằng sông Hồng.

Trình tự thực hiện, các bước nghiên cứu, nội dung nghiên cứu của luận án được trình bày trong Hình 1.

### **4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài**

*Ý nghĩa khoa học:*

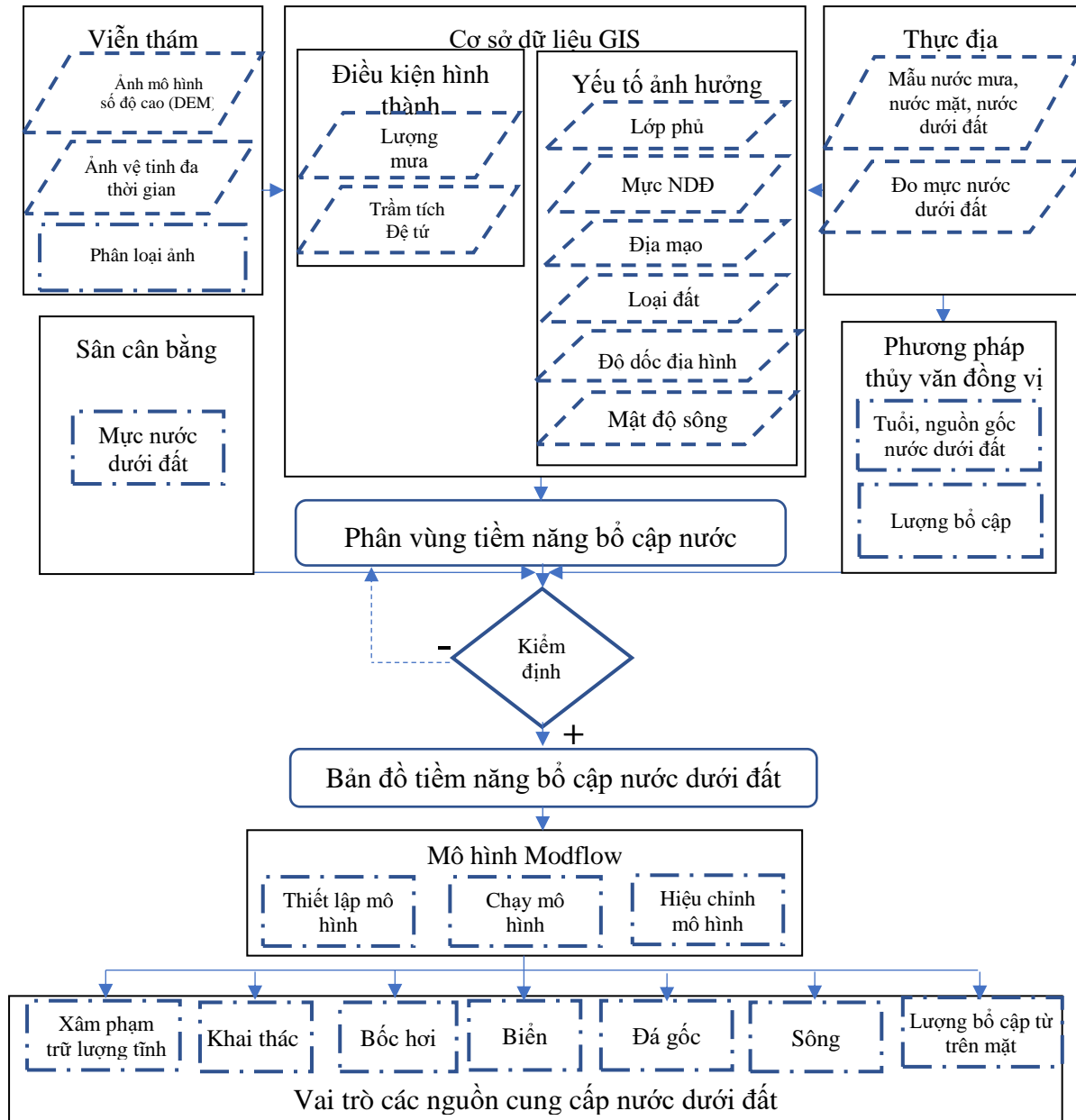
- Các yếu tố ảnh hưởng đến lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất các trầm tích Đệ tứ ĐBSH bao gồm lượng mưa, sử dụng đất - lớp phủ bề mặt, loại đất, trầm tích Đệ tứ và đá gốc, mực nước dưới đất, địa mạo, độ dốc và mật độ sông suối. Đánh giá, phân tích các yếu tố ảnh hưởng này, luận án đã phân được ba vùng tiềm năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất là tiềm năng bổ cập thấp, tiềm năng bổ cập trung bình và tiềm năng bổ cập cao tương ứng với lượng bổ cập cho nước dưới đất trung bình cho từng vùng là 188 mm/năm, 372 mm/năm và 429 mm/năm.

- Tài nguyên nước dưới đất trong các tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ ĐBSH được hình thành từ phần tích chứa trong các tầng chứa nước (tài nguyên tĩnh) và các nguồn bổ cập, trong đó lượng bổ cập từ nước mưa là quan trọng, diễn ra tất cả các mùa trong năm, lớn nhất vào mùa mưa, chiếm đến hơn 67,63% lượng bổ cập, còn vào mùa khô lượng bổ cập từ nước mưa chỉ còn chiếm 9,75%.

### Ý nghĩa thực tiễn:

- Xác định được lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất các trầm tích Đệ tứ vùng ĐBSH một cách tương đối đầy đủ, chính xác.

- Kết quả nghiên cứu cũng sẽ góp phần vào công tác bảo vệ, khai thác bền vững tài nguyên nước dưới đất vùng ĐBSH.



Hình 1. Sơ đồ khung logic nghiên cứu của luận án

### 5. Những điểm mới của luận án

- Đề xuất được hệ phương pháp xác định, đánh giá yếu tố ảnh hưởng đến lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất trầm tích Đệ tứ ĐBSH từ đó có thể áp dụng

cho các vùng khác. Đó là sự kết hợp hiệu quả phương pháp đồng vị, phương pháp viễn thám - GIS, phương pháp giải tích và phương pháp mô hình số.

- Lần đầu tiên, NCS đã phân được ba vùng tiềm năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất với lượng bổ cập nước dưới đất trung bình lần lượt là 188mm/năm, 372mm/năm và 429mm/năm trên toàn đồng bằng và có cơ sở khoa học, có độ tin cậy, góp phần vào công tác quản lý khai thác sử dụng hợp lý và bảo vệ tài nguyên nước dưới đất ĐBSH.

- NCS đã đánh giá được vai trò của nguồn bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất ĐBSH.

## **6. Cấu trúc luận án**

Không kể lời nói đầu, danh mục các ký hiệu, các chữ viết tắt, danh mục bảng, danh mục các hình vẽ, đồ thị và phụ lục, cấu trúc luận án gồm các phần chính sau:  
Mở đầu.

Chương 1. Tổng quan về khu vực nghiên cứu và các nghiên cứu về bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất.

Chương 2. Đặc điểm địa chất, địa mạo, địa chất thủy văn khu vực nghiên cứu.

Chương 3. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu.

Chương 4. Các yếu tố ảnh hưởng, phân vùng tiềm năng và kết quả xác định lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất tầng chứa nước Holocen vùng đồng bằng sông Hồng.

Chương 5. Vai trò của nước mưa đối với sự hình thành trữ lượng nước dưới đất trầm tích Đệ tứ vùng đồng bằng sông Hồng.

Kết luận và kiến nghị.

Tài liệu tham khảo

Danh mục các công trình khoa học của tác giả liên quan đến luận án

## **CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ KHU VỰC NGHIÊN CỨU VÀ CÁC NGHIÊN CỨU VỀ BỔ CẤP TỪ NƯỚC MƯA CHO NƯỚC DƯỚI ĐẤT**

### **1.1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM**

Theo Đoàn Văn Cảnh (2015), *tài nguyên nước dưới đất (TNNDĐ)* là số lượng nước có chất lượng và giá trị xác định tồn tại, vận động trong TCN trong giới hạn một cấu trúc địa chất thủy văn, một lưu vực sông hay một vùng lãnh thổ đáp ứng những tiêu chuẩn tối thiểu để có thể khai thác, sử dụng một phần đem lại hiệu quả kinh tế tại thời điểm hiện tại hoặc tương lai.

*TNNDĐ* cho ta biết *khối lượng, dung tích nước dưới đất tồn tại trong các tầng chứa nước* của một lãnh thổ nghiên cứu (một khu vực thăm dò, một cấu trúc địa chất, địa chất thủy văn, một lưu vực sông...). *TNNDĐ* được cấu thành từ hai thành phần chính là thành phần *tài nguyên tích chứa* trong TCN gồm tích chứa trọng lực, tích chứa đàn hồi và *tài nguyên bổ cấp* trong điều kiện tự nhiên. Khái niệm *TNNDĐ* thay cho thuật ngữ *trữ lượng khai thác Tài nguyên* trước đây sử dụng.

*TNNDĐ* tính theo đơn vị khối lượng, dung tích ( $m^3$ ,  $km^3$ ), hoặc quy ước xác định theo truyền thống của Liên Xô cũ bằng tổng lượng nước có thể khai thác trong khoảng thời gian dài xác định là 10000 ngày ( $km^3/năm$ ,  $m^3/ngày$ ).

*Trữ lượng nước dưới đất* là một phần *TNNDĐ* xác định đã được thăm dò đánh giá và việc khai thác, sử dụng chúng mang lại hiệu quả kinh tế trong những điều kiện thực tiễn tại thời điểm đánh giá trữ lượng.

Dựa vào quy mô đánh giá, ý nghĩa khai thác sử dụng, trữ lượng *NDĐ* được xác định theo hai cấp độ:

- Trữ lượng có thể khai thác (TLCTKT) là lượng nước được xác định có thể nhận được, có thể lấy ra được từ các tầng chứa nước trong một khoảng thời gian xác định mà không gây tác động xấu đến môi trường, nghĩa là không gây sụt lún đất, không gây xâm nhập mặn, không gây ô nhiễm nguồn nước dẫn đến không sử dụng được.

- Trữ lượng khai thác nước dưới đất (hay có thể gọi đầy đủ hơn là trữ lượng khai thác công trình dự báo) là lượng nước có thể nhận được từ mỏ nước hay một phần mỏ nước, từ tầng chứa nước hay trên một phần diện tích phân bố của tầng chứa nước bằng các công trình khai thác nước (giếng đứng, giếng ngang) được luận giải một cách hợp lý về mặt địa chất - kinh tế - kỹ thuật trong điều kiện và chế độ khai thác đã cho với chất lượng nước thỏa mãn yêu cầu sử dụng trong suốt thời gian khai thác tính toán (Đoàn Văn Cảnh, Phạm Quý Nhân, 2002; Zektser và L.G Everett, 2004). *Trữ lượng khai thác nước dưới đất* không phải là khối lượng, dung tích hay

trọng lượng, mà là lưu lượng, nghĩa là lượng nước có thể lấy được (hút ra được) theo thời gian bằng các công trình khai thác cụ thể.

*Bổ cập nước dưới đất (groundwater recharge)* là quá trình thủy văn mà ở đó nước chuyển động trong lỗ hổng, khe nứt của đất đá và cung cấp cho tầng chứa nước. Với bổ cập từ nước mưa, quá trình này thường xảy ra trong đới không bão hòa và được biểu thị bằng lưu lượng dòng thấm đi vào bề mặt nước dưới đất. Bổ cập nước dưới đất cũng bao gồm cả nguồn nước xung quanh như nước từ đá gốc, nước từ các tầng chứa nước khác (thấm xuyên)... chảy vào tầng chứa nước. Bổ cập bao gồm hai quá trình đó là bổ cập tự nhiên và bổ cập nhân tạo (R.A Freeze và J.A Cherry, 1979).

*Bổ cập nhân tạo (artificial recharge)* được định nghĩa như là quá trình làm tăng lượng nước đi vào trong tầng chứa nước dưới tác động của con người (W.C Walton, 1970).

*Dòng ngấm* được hiểu là dòng chảy của nước dưới đất có thể được xác định bằng cách tính lưu lượng của dòng ngấm chảy qua một tiết diện thẳng góc với hướng dòng chảy ngấm (l/s, m<sup>3</sup>/ngày, km<sup>3</sup>/năm) hoặc tính mô-đun dòng ngấm (l/s.km<sup>2</sup>).

*Trữ lượng cuốn theo* được hình thành trong quá trình khai thác, là lưu lượng nước tăng thêm được bổ sung cho tầng chứa nước khi phễu hạ thấp mực nước xung quanh công trình khai thác nước lan đến biên cấp nước. Trữ lượng cuốn theo gồm sự phát sinh thấm từ nước mặt (sông, hồ...), tăng cường hoặc phát sinh quá trình thấm xuyên (Bindeman, 1970).

Bổ cập tự nhiên nước dưới đất có thể bao gồm từ các nguồn sau:

- + Thấm từ trên mặt do nước mưa, nước tưới, nước thải thấm tự nhiên qua đới không bão hòa vào trong tầng chứa nước
- + Thấm tự nhiên từ sông, hồ, ao vào trong tầng chứa nước
- + Thấm tự nhiên từ các TCN xung quanh vào tầng chứa nước nghiên cứu.

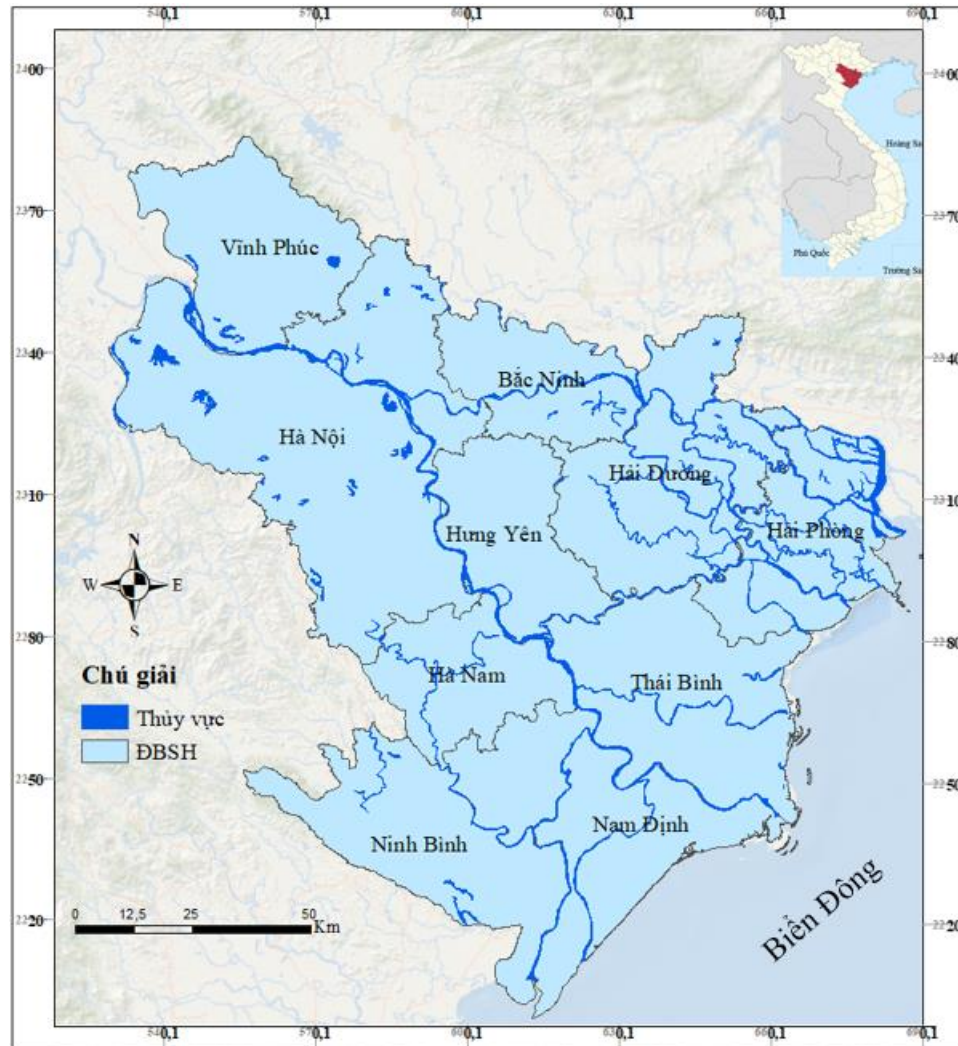
Trong khuôn khổ nghiên cứu của luận án, NCS chỉ tập trung vào nghiên cứu, đánh giá và định lượng quá trình thấm từ trên mặt do nước mưa vào tầng chứa nước Holocen (qh), đây là một trong những nguồn cơ bản hình thành nên tài nguyên nước dưới đất của TCN này.

## **1.2. TỔNG QUAN VỀ KHU VỰC NGHIÊN CỨU**

### **1.2.1. Vị trí vùng nghiên cứu**

Vùng Đồng bằng sông Hồng có vĩ độ 21°34' Bắc đến 19°5' Bắc và 105°17' Đông đến 107°7' Đông, gồm 02 thành phố là Hà Nội, Hải Phòng và 09 tỉnh Hải Dương, Bắc Ninh, Vĩnh Phúc, Hưng Yên, Thái Bình, Nam Định, Hà Nam, Ninh Bình và Quảng Ninh, rộng hơn 21260 km<sup>2</sup> (492/QĐ-TTg, 2022), là một trong hai đồng

bằng lớn nhất cả nước (chiếm tỷ lệ khoảng 7% tổng diện tích cả nước). Khu vực nghiên cứu nằm trong vùng đồng bằng sông Hồng, có diện tích trên 14860 km<sup>2</sup>, được thực hiện trong phạm vi sau: ở phía Bắc, giới hạn bởi dãy núi Tam Đảo - Yên Tử, phía Nam được giới hạn bởi dãy núi Ba Vì - Viên Nam, ở phía Đông được giới hạn bởi đường bờ biển (Hình 1.1).



Hình 1.1. Vị trí vùng nghiên cứu trong đồng bằng sông Hồng

### 1.2.2. Đặc điểm địa hình

ĐBSH có địa hình tương đối bằng phẳng và có xu hướng thấp dần từ Tây Bắc về phía Đông, Đông Nam, từ các bậc thềm cao từ 7 - 15m xuống các bãi bồi 2 - 4m ở trung tâm rồi đến các bãi triều có độ cao nhỏ hơn 1m. Giữa đồng bằng nổi lên những đồi sót đỉnh tròn với sườn thoải cao từ 25 - 45m đến 100m. Với vị trí đặc biệt như vậy ĐBSH có cả địa hình đồi núi sót, đồng bằng và ven biển tạo nên miền cấp, miền phân bố, miền thoát cho các TCN Holocen và Pleistocen.

### 1.2.3. Đặc điểm khí hậu

Đặc điểm về lượng mưa, lượng bốc hơi, giờ nắng... có thay đổi rõ rệt theo các mùa trong năm và cho các khu vực khác nhau trong toàn vùng.

#### 1.2.3.1. Lượng mưa

Theo không gian, ĐBSH có lượng mưa trung bình năm biến động rất mạnh so với yếu tố khí tượng khác, giá trị cực tiểu, cực đại của lượng mưa có thể chênh nhau từ hai đến ba lần. Lượng mưa trung bình năm cho toàn vùng giao động từ 1200mm đến 2700mm, phần lớn trong khoảng 1800mm (Bảng 1.1). Lượng mưa trung bình năm lớn nhất quan sát được ở Thái Bình, Hà Nam với hơn 3100mm và thấp nhất tại Nam Định, Hải Dương, Thái Bình từ 915mm đến 975mm.

Theo thời gian, ĐBSH có 2 mùa rõ rệt. Mùa mưa, thường kéo dài 5 tháng, từ tháng V đến tháng X, có lượng mưa chiếm từ 80% - 87% lượng mưa toàn năm, trong đó các tháng VII, VIII, IX là những tháng có lượng mưa nhiều nhất. Mùa khô, thường kéo dài từ tháng XI đến tháng IV năm sau, có lượng mưa chiếm từ 13% đến 20% lượng mưa cả năm, chủ yếu là mưa phùn vào tháng III, IV. Trong vùng, lượng mưa trung bình vào các tháng mùa khô thay đổi từ 18,5mm (tháng I, trạm Láng) đến 103mm (tháng IV, trạm Sơn Tây). Trong khi đó, lượng mưa trung bình các tháng mùa mưa thay đổi từ 135mm (tháng X, trạm Láng) đến 365mm (tháng IX, Ninh Bình) (Bảng 1.2).

Bảng 1.1. Đặc trưng lượng mưa năm (mm) ĐBSH giai đoạn 1960-2018 (Nguồn: Hồ Việt Cường, 2020)

<b>Trạm</b>	<b>Lượng mưa TB</b>	<b>Lượng mưa lớn nhất</b>	<b>Năm</b>	<b>Lượng mưa nhỏ nhất</b>	<b>Năm</b>
Sơn Tây	1811,1	2876,3	1981	1115,1	1970
Hà Nội	1688,5	2536,0	1994	1219,5	1995
Phủ Lý	1755,9	3161,6	1994	1265,2	1998
Nam Định	1740,5	3005,3	1994	975,7	1988
Hải Dương	1548,8	2347,0	1973	964,2	1988
Hưng Yên	1718,2	2488,3	1994	1078,2	1988
Ninh Bình	1820,3	2992,5	1994	1160,0	1991
Thái Bình	1779,7	3195,6	1973	915,3	1994
Phủ Liễn	1765,2	2653,3	1974	1221,9	2001

Bảng 1.2. Tổng lượng mưa trung bình tháng và năm (mm) ĐBSH giai đoạn 1960 - 2018 (Nguồn: Hồ Việt Cường, 2020)

Tên trạm	Tháng												Năm
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sơn Tây	20,3	25,4	37,8	103,2	229,1	261,9	308,7	321,5	260,3	169,4	56,8	16,7	1811,1
Hà Nội (Láng)	18,5	27,2	44,5	91,0	191,5	243,7	290,9	316,3	258,7	135,6	53,1	17,5	1688,5
Phủ Lý	21,9	24,5	45,9	82,5	174,6	237,9	228,0	295,8	312,1	235,3	67,4	30,0	1755,9
Nam Định	27,0	35,0	50,5	78,4	177,2	189,6	231,4	318,2	336,7	203,1	65,0	28,4	1740,5
Hải Dương	19,6	26,6	42,8	94,3	197,9	222,2	234,6	285,0	216,8	144,9	45,1	19,0	1548,8
Hưng Yên	24,4	33,8	44,7	85,0	167,8	233,9	260,2	316,2	277,0	188,6	62,6	24,0	1718,2
Ninh Bình	23,5	34,9	52,0	79,5	172,0	220,0	223,9	307,2	365,4	244,8	65,5	31,6	1820,3
Thái Bình	26,0	31,5	46,9	81,2	172,4	198,2	228,8	326,9	339,7	233,0	72,5	22,6	1779,7
Phù Liên	25,1	34,5	46,7	88,6	203,7	241,2	270,9	346,2	288,2	150,6	47,7	21,8	1765,2
<b>Trung bình</b>	<b>22,9</b>	<b>30,4</b>	<b>45,8</b>	<b>87,1</b>	<b>187,4</b>	<b>227,6</b>	<b>253,0</b>	<b>314,8</b>	<b>295,0</b>	<b>189,5</b>	<b>59,5</b>	<b>23,5</b>	<b>1736,5</b>

Bảng 1.3. Lượng bốc hơi trung bình tháng và năm (mm) ĐBSH giai đoạn 1960 - 2018 (Nguồn: Hồ Việt Cường, 2020)

Tên trạm	Tháng												Năm
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sơn Tây	57,1	50,9	55,2	60,9	84,8	83,6	87,5	68,5	65,4	72,0	66,3	68,9	821,1
Hà Nội	71,4	59,7	56,9	65,2	98,6	97,8	100,6	84,1	84,4	95,6	89,8	85,0	989,1
Phủ Lý	59,1	44,0	43,2	52,8	84,3	90,3	102,0	74,2	68,5	78,3	76,2	72,9	845,8
Nam Định	55,2	40,9	39,4	50,7	86,8	92,9	104,7	77,5	69,4	79,3	72,4	66,7	835,9



Tên trạm	Tháng												Năm
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Hải Dương	75,9	56,7	52,9	59,	89,6	96,1	109,9	80,9	81,2	93,9	94,0	90,0	983,1
Hung Yên	66,5	49,4	46,2	53,9	84,9	96,1	109,9	80,9	81,3	93,9	97,0	90,0	949,9
Ninh Bình	57,4	40,2	38,2	50,6	86,2	97,1	1063,8	75,0	70,4	81,6	76,0	72,2	851,7
Thái Bình	58,5	41,5	40,1	50,6	88,4	98,4	116,0	77,2	69,1	79,1	80,6	71,4	870,9
Phù Liên	54,7	34,5	31,8	38,8	62,4	65,7	70,8	55,9	63,8	76,2	75,2	68,2	698,0
<b>Trung bình</b>	<b>61,8</b>	<b>46,4</b>	<b>44,9</b>	<b>53,6</b>	<b>85,1</b>	<b>90,9</b>	<b>100,9</b>	<b>74,9</b>	<b>72,6</b>	<b>83,3</b>	<b>81,2</b>	<b>76,1</b>	<b>871,7</b>

Bảng 1.4. Nhiệt độ không khí trung bình (°C) ĐBSH giai đoạn 1960 - 2018 (Nguồn: Hồ Việt Cường, 2020)

Tên trạm	Tháng												Năm
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sơn Tây	15,9	17,1	20,1	23,7	27,1	28,6	28,8	28,2	27,1	24,6	20,1	17,6	23,3
Hà Nội	16,2	17,0	19,9	23,7	27,4	28,7	29,2	28,5	27,4	24,7	21,3	18,0	23,5
Phủ Lý	16,1	16,9	19,9	23,5	27,1	28,6	29,1	28,3	27,0	24,5	21,2	17,8	23,3
Nam Định	16,2	16,9	19,5	23,4	27,2	28,8	29,3	28,5	27,5	24,7	21,3	18,0	23,4
Hải Dương	16,1	16,9	19,7	23,4	27,1	28,7	29,2	28,4	27,3	24,5	21,1	17,7	23,3
Ninh Bình	16,3	17,0	19,7	23,4	27,3	28,2	29,2	28,4	27,2	24,8	21,5	17,4	23,4
Thái Bình	16,3	16,8	19,5	23,0	26,9	28,3	29,2	28,5	27,1	24,5	21,4	18,0	23,3
Phù Liên	16,3	16,7	19,1	22,6	26,4	28,0	28,2	27,7	26,8	24,5	21,3	18,1	23,0
<b>Trung bình</b>	<b>16,2</b>	<b>16,9</b>	<b>19,7</b>	<b>23,3</b>	<b>27,1</b>	<b>28,5</b>	<b>29,0</b>	<b>28,3</b>	<b>27,2</b>	<b>24,6</b>	<b>21,2</b>	<b>17,8</b>	<b>23,3</b>

### 1.2.3.2. Lượng bốc hơi

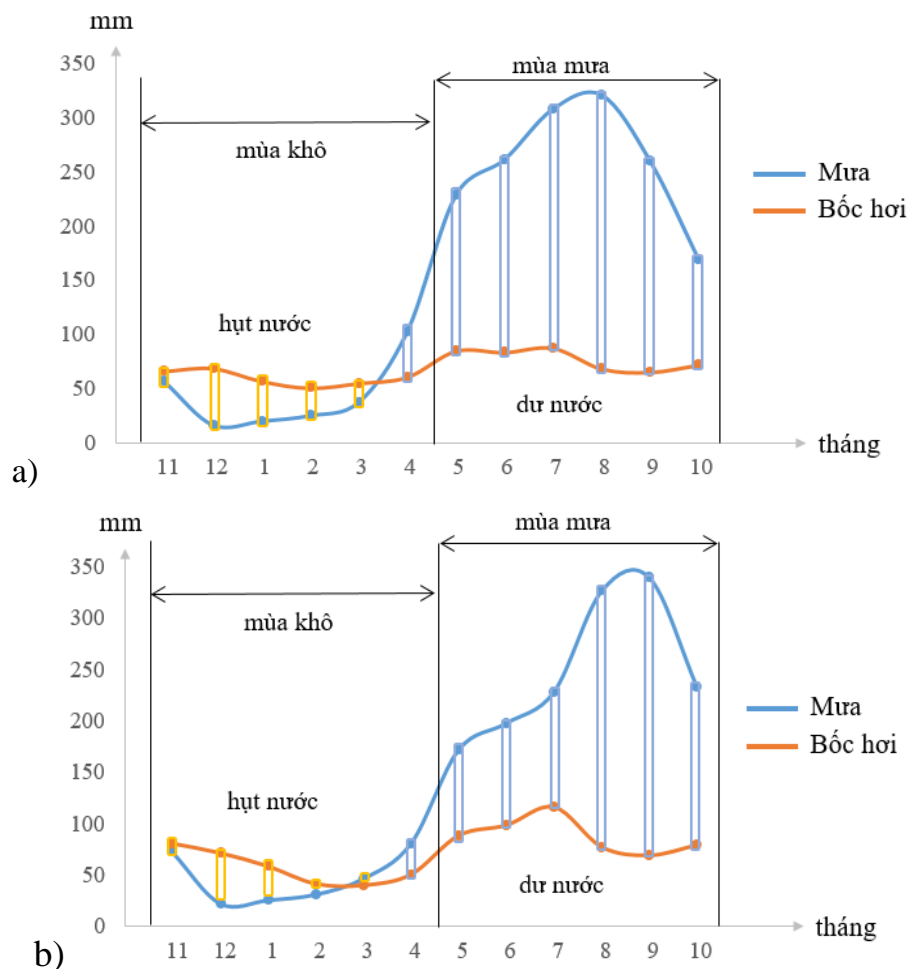
Lượng bốc hơi vùng ĐBSH từ 828,2mm đến 1057,1mm. Nếu so sánh lượng bốc hơi ở Nha Trang: 1468mm/năm, Buôn Mê Thuột: 1610mm/năm, đồng bằng sông Cửu Long  $1000 \div 1250$ mm/năm... thì thấy nhiều vùng có lượng bốc hơi lớn hơn ĐBSH. Nguyên nhân là do nhiệt lượng trong năm thấp nhưng độ ẩm tương đối nhiều năm lại rất cao, nên lượng bốc hơi năm thấp. Các tháng lạnh ẩm có lượng bốc hơi thấp, các tháng khô nóng lượng bốc hơi cao hơn rõ rệt (Bảng 1.3).

### 1.2.3.3. Nhiệt độ

Thời gian ấm nóng kéo dài từ tháng IV đến tháng X (nhiệt độ trung bình tháng  $23^{\circ}\text{C} - 29^{\circ}\text{C}$ ). Nhiệt độ thấp vào tháng XII đến tháng II năm sau. Nhiệt độ trong ngày chênh lệch tương đối lớn  $8^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C}$  về mùa hè và  $4^{\circ}\text{C} - 13^{\circ}\text{C}$  về mùa đông (Bảng 1.4).

### 1.2.3.4. Chế độ ẩm

Do lượng mưa nhiều, tập trung vào các tháng VIII, IX, X đồng thời có thời gian mưa phùn dài, trong khi đó lượng bốc hơi thấp nên vùng ĐBSH có độ ẩm trung bình trong năm cao (Hình 1.2).

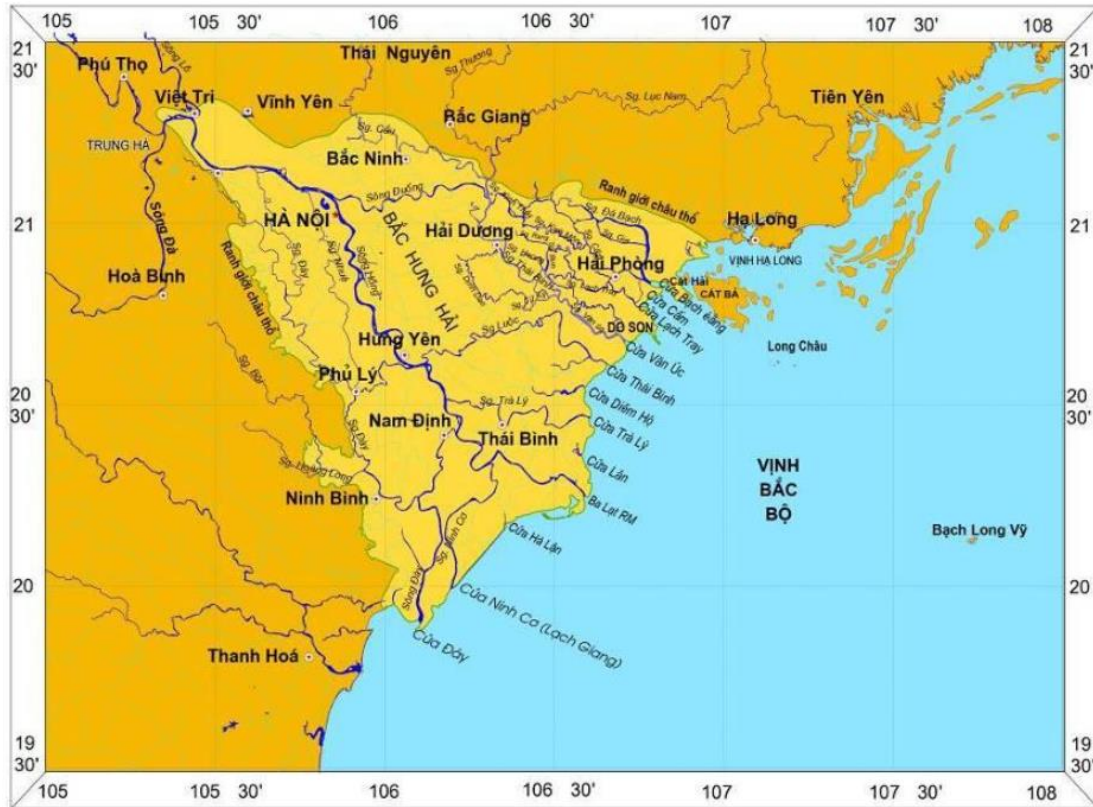


Hình 1.2. Đặc trưng ẩm theo tháng thời kỳ 1960 - 2018 tại a) Sơn Tây, b) Thái Bình

## 1.2.4. Đặc điểm thủy văn, hải văn

### 1.2.4.1. Hệ thống sông

Sông ngòi vùng ĐBSH có mật độ trung bình từ 0,4 đến 0,7km/km<sup>2</sup>. Toàn vùng có hai hệ thống sông chính là hệ thống sông Hồng và hệ thống sông Thái Bình. Lượng nước bình quân hàng năm sông Hồng có thể tới 2640m<sup>3</sup>/s với tổng lượng nước chảy qua đạt 83,5 tỉ m<sup>3</sup>.



Hình 1.3. Hệ thống sông ĐBSH (Nguồn: Phùng Văn Phách, 2018)

### 1.2.4.2. Biển và chế độ triều

Bờ biển nằm ở phía Đông và Đông Nam của ĐBSH chạy dài từ Quảng Ninh đến Thanh Hóa với tổng chiều dài đường bờ vào khoảng 200km. Do tác động của sóng, triều và hệ thống sông nên tại các cửa sông, nước mặn đã bị xâm nhập mặn đáng kể (Hình 1.4).

Tại các cửa sông, chiều sâu xâm nhập mặn khoảng từ 25km đến 45km với các mức độ khác nhau (Phạm Quý Nhân, 2000; Phạm Quang Sơn, 2004; Trần Thị Lựu, 2016). Quá trình rửa mặn, xâm nhập mặn nước NĐĐ trong các tầng trầm tích Đệ tứ ĐBSH phụ thuộc vào quá trình dao động mực nước biển trong Đệ tứ, giai đoạn mà ĐBSH hình thành nên các trầm tích hạt thô, hạt mịn xen kẽ nhau.



Hình 1.4. Sơ đồ xâm nhập mặn hệ thống cửa sông ven biển vùng ĐBSH

(Nguồn: Trần Thị Lựu. 2016)

### 1.3. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU BỔ CẬP TỪ NƯỚC MƯA CHO NƯỚC DƯỚI ĐẤT TRÊN THẾ GIỚI VÀ Ở VIỆT NAM

#### 1.3.1. Nghiên cứu bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất trên thế giới

##### 1.3.1.1. Nhóm phương pháp quan trắc biến động mực nước (Water Table Fluctuation methods - WTF)

Bảng 1.5. Các nghiên cứu thực hiện theo phương pháp quan trắc biến động mực nước

	Bổ cập nước dưới đất cho TCN có áp Minnesota Delin và cộng sự, (2007)	Các phương pháp xác định lượng bổ cập NĐĐ tại các vị trí khác nhau ở đồng bằng ven biển Bắc Carolina Coes và cộng sự, (2007)	Bổ cập nước dưới đất cho tầng đá gốc nứt nẻ ở Pennsylvania Risser và cộng sự (2005)
Điều kiện khí hậu, địa hình, địa mạo	Khí hậu ẩm, địa hình từ bằng phẳng đến dạng đồi núi, trầm tích băng, đất nông nghiệp và đất rừng	Khí hậu ẩm, đồng bằng ven biển, địa hình thấp, trũng, đất cát, đất nông nghiệp xen lẫn đất ở, đô thị	Khí hậu ẩm, vùng đồi núi trập trùng ở thuộc cao nguyên Appalachian, đất đá đập vỡ nứt nẻ, đất nông nghiệp và đất rừng
Chiều sâu mực nước dưới đất	1-15 m	~1-8 m	1-30 m
Lượng mưa trung bình năm	70 cm	127 cm	107 cm
<b>Lượng bổ cập</b>			
Phương pháp WTF (% lượng mưa)	6-56 (21)	25-94 (56)	19-48 (24)
Phương pháp xác định tuổi (% lượng mưa)	7-49 (24)	2-36 (12)	Không xác định
Phương trình Rorabaugh (% lượng mưa)	8-44 (19)	16-27 (24)	

Các nghiên cứu trên chỉ ra rằng phương pháp WTF là phương pháp đơn giản, ít tốn kém và dễ áp dụng nhất vì dữ liệu mực nước thường có sẵn. Tuy nhiên các dữ liệu đo đạc cần phải thực hiện hàng tuần để tránh việc xác định lượng bổ cập thấp hơn thực tế. Phương pháp này không cần xác định về cơ chế, mối quan hệ thủy lực giữa nước mặt và nước dưới đất. Hạn chế của phương pháp này là việc bỏ qua dòng chảy trên mặt và dòng chảy ngầm cũng như giả thiết rằng, dòng chảy ra và vào là cân bằng trên toàn bộ lưu vực (tầng chứa nước). Phương pháp này chỉ áp dụng cho các tầng chứa nước không áp và không xác định được tốc độ bổ cập ổn định cho nước dưới đất. Nghĩa là khi tốc độ thoát nước bằng tốc độ bổ cập, mực nước dưới đất không thay đổi thì phương pháp này không xác định được lượng bổ cập. Phương pháp này

cũng gặp hạn chế trong các tầng chứa nước là đá nứt nẻ do mức độ dao động mực nước tương đối lớn trong các giếng quan sát.

### **1.3.1.2. Nhóm phương pháp nghiên cứu cân bằng nước**

*T.S Steenhuis và cộng sự (1985)* xác định lượng bổ cập cho nước dưới đất phía đông đảo Long, New York, Mỹ bằng định luật Darcy và phương trình cân bằng thủy văn (bốc thoát hơi nước được tính toán từ dữ liệu khí tượng). Các tác giả thấy rằng, lượng bổ cập cho nước dưới đất có thể chiếm đến 50% lượng mưa năm. Vào cuối đông và đầu thu, phần lớn lượng mưa được bổ sung cho nước dưới đất do bốc hơi, bốc thoát hơi nước thấp. Vào những tháng mùa hè, khi lượng bốc hơi, bốc thoát hơi nước cao, chỉ có một lượng nhỏ nước thấm qua chiều sâu 1m và không đủ để cung cấp cho nước dưới đất.

*F.H Henry và cộng sự (1992)* sử dụng phương pháp cân bằng để nghiên cứu về hiệu quả của việc kiểm soát nước mưa chảy tràn trong đô thị đến bổ cập nước dưới đất tại quận Nassau, New York. Các tác giả cho thấy trước khi xảy ra quá trình đô thị hóa, lượng bổ cập nước dưới đất trong mùa hè gần như bằng không do lượng nước mưa chảy tràn vào suối hoặc do bốc hơi bề mặt. Khi quá trình đô thị hóa diễn ra, khu vực nội thành, do có hệ thống thu gom nước mưa nên lượng nước mưa chảy về các hồ bổ cập và ngấm tự nhiên vào trong tầng chứa nước, dẫn đến lượng bổ cập cho nước dưới đất tăng 12%. Còn ở khu vực ngoại ô, quá trình đô thị hóa làm giảm lượng bổ cập đi khoảng 10%.

Khi sử dụng phương pháp cân bằng nước trên một lưu vực để tính toán bổ cập nước dưới đất cần xác định các thông số khác nhau về lượng mưa, độ bốc thoát hơi nước, loại cây trồng và kiểu đất. Trong phương pháp này, việc xác định và hiệu chỉnh mô hình là tương đối khó khăn do các tham số trong mô hình khó đo trực tiếp ngoài hiện trường như độ bốc thoát hơi nước, độ ẩm, tốc độ thấm...

### **1.3.1.3. Nhóm phương pháp mô hình**

*Laura và cộng sự (2002)* xác định bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất TCN bằng tích và TCN đá gốc ở San Juan, Washington bằng phương pháp cân bằng nước, mô hình thấm sâu (Deep Percolation Model - DPM), phương pháp cân bằng Clo.

Bảng 1.6. Bổ cập nước dưới đất khu vực San Juan, 1997-1998 (Nguồn: Laura, 2002)

<b>Đảo</b>	<b>Lượng bổ cập (in/năm )</b>
Lopez	2,49 (63,25mm/năm)
San Juan	1,99 (50,55mm/năm)
Orcas	1,46 (37,09mm/năm)
Shaw	1,44 (37,58mm/năm)

Sử dụng mô hình DPM, lượng bổ cập nước dưới đất lần lượt là nhỏ hơn 1,5 inches/năm (tương ứng 38,1mm/năm) tại khu vực đá gốc, từ 0,5 đến 3 inches/năm (12,7 đến 76,2mm/năm) tại khu vực trầm tích sông băng và tới 9 inches/năm (228,6mm/năm) tại vùng đất cát có hệ số thấm cao. Sử dụng phương pháp cân bằng Clo, lượng bổ cập trung bình cho đảo Lopez chỉ là 0,63 inches/năm (16mm/năm). Kết quả trên cho thấy mối liên hệ chặt chẽ giữa lượng mưa và lượng bổ cập nước dưới đất cũng như ảnh hưởng của thành phần và vật liệu trầm tích, đá gốc tại khu vực nghiên cứu đến lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất. Bổ cập trung bình trong mùa khô và mùa mưa lần lượt là 0,29 và 1,95 inches/năm (7,37 và 49,53mm/năm) với phương pháp cân bằng Clo và 2,76 và 2,64 inches/năm (70,1 và 67,01mm/năm) với phương pháp DPM. Sở dĩ có sự khác biệt như vậy là do trong nước dưới đất các khu vực trên, có sự xuất hiện của clorua không phải nguồn gốc từ khí quyển và nước mưa khí quyển thấm xuống.

*L. Bertrand, M. Dirk (2011)* nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu và thay đổi sử dụng đất đến bổ cập nước dưới đất tại lưu vực Nets, Đông Bắc Bỉ bằng mô hình Hydrus 1D và công nghệ GIS. Với điều kiện khí hậu hiện tại (Dessel), chiều sâu mực nước dưới đất là 1m thì lượng bổ cập nước dưới đất trung bình năm là 391mm/năm. Với điều kiện khí hậu ấm áp (Gijon) lượng bổ cập nước dưới đất giảm tương ứng với lượng bốc thoát hơi nước tăng, chiều sâu mực nước dưới đất tương ứng là 3m.

Bảng 1.7. Tác động của BĐKH đến bổ cập nước dưới đất lưu vực Nets, Bỉ (Nguồn: Bertrand, 2011)

	<b>Dessel (khí hậu hiện tại - DO) P = 899mm</b>	<b>Gijon (Khí hậu ấm - Cs/Cr) P = 947 mm</b>	<b>Sisimiut (Khí hậu lạnh EO/ET) P = 306 mm</b>
<b>Cây trồng (ngô)</b>	495 (55%)	473 (50%)	128 (42%)
<b>Đồng cỏ (cỏ)</b>	307 (34%)	276 (29%)	96 (31%)
<b>Rừng lá kim</b>	239 (27%)	211 (22%)	73 (24%)
<b>Rừng rụng lá</b>	375 (42%)	315 (33%)	104 (34%)
<b>Lưu vực Nete</b>	391 mm/năm	361 mm/năm	108 mm/năm

Nghĩa là, theo kết quả này với dự báo của IPCC về sự nóng lên toàn cầu vào năm 2100 sẽ làm giảm lượng bổ cập nước dưới đất tại lưu vực Nets là 9% so với hiện tại. Các tác giả chỉ ra rằng nếu chuyển diện tích đất hiện tại sang trồng ngô cho phép tăng lượng bổ cập nước dưới đất lên 31%, còn chuyển sang trồng rừng lá kim sẽ làm giảm lượng bổ cập cho nước dưới đất xuống 42%. Nghĩa là sự thay đổi sử dụng đất

có ảnh hưởng rất lớn đến cân bằng nước trong lưu vực. Sự suy giảm diện tích đất nông nghiệp là nguyên nhân dẫn đến suy giảm lượng bổ cập nước dưới đất trên lưu vực Nets.

*A.K. Mustafa và E.N. Ali (2013)* xây dựng 9 lớp bản đồ dữ liệu gồm bốc hơi, gió, độ sâu mực nước dưới đất, sử dụng đất, mưa, nhiệt độ, độ dốc, loại đất, địa hình và mô hình MODFLOW để xác định lượng bổ cập nước dưới đất tại lưu vực Jafr, Jordan. Các tác giả đã xác định khoảng 79% lượng bốc hơi nước hàng năm xảy ra trong mùa hè và 21% vào mùa đông. Kết quả từ mô hình cho thấy khoảng 5% lượng bổ cập nước dưới đất diễn ra trong mùa hè và 95% trong mùa đông tương ứng với lượng bốc thoát hơi nước cao vào mùa hè, lượng mưa lớn vào mùa đông.

Các nghiên cứu trên cho thấy, phương pháp mô hình kết hợp với công nghệ GIS xác định tương đối tốt lượng bổ cập nước dưới đất cho khu vực. Cân bằng nước là kết quả tổng lượng dòng chảy vào và dòng chảy ra của một lưu vực. Lượng mưa là thành phần chính cho dòng chảy vào lưu vực. Độ bốc hơi, bốc thoát hơi nước là các thành phần thoát ra khỏi TCN quan trọng nhất. Tất cả các thành phần cân bằng nước dưới đất trong lưu vực phụ thuộc vào sử dụng đất, lớp phủ mặt đất và cấu trúc đất.

#### **1.3.1.4. Nhóm phương pháp sử dụng chất chỉ thị (Tracers)**

*D. Adomako và cộng sự (2010)* sử dụng đồng vị bền Deuteri ( $^2\text{H}$ ), Oxy-18 ( $^{18}\text{O}$ ) trong nước để xác định thành phần cung cấp thấm cho TCN lưu vực sông Densu, Ghana. Các tác giả sử dụng mô hình HYDRUS 1D để tính toán lượng bổ cập nước dưới đất hàng tháng cho khu vực và phương pháp gần đúng peak-shift để xác định sự biến đổi hàm lượng đồng vị trong nước mưa, từ đó xác định thời gian vận chuyển trung bình và lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất từ sự thay đổi giá trị đỉnh của đồng vị trong nước.

Bảng 1.8. Lượng bổ cập trung bình năm theo các phương pháp khác nhau (mm/năm) (Nguồn: Adomako, 2010)

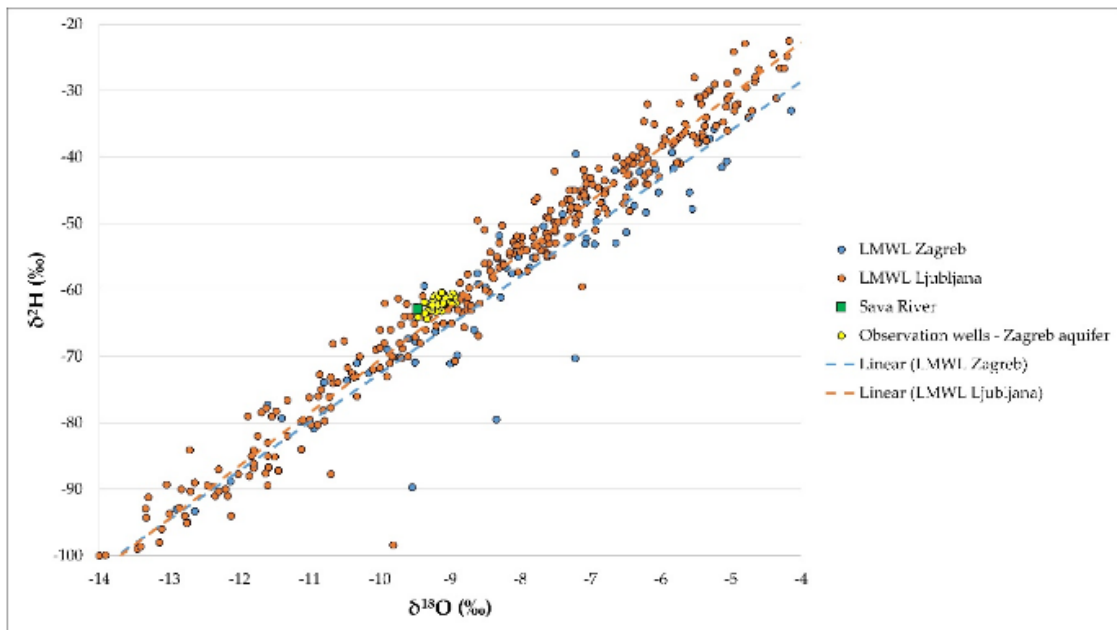
	<b>Mô hình vận động không ổn định</b>	<b>Phương pháp peak-shift</b>	<b>Cân bằng nước</b>
<b>Adwumoku</b>	101	250	21
<b>Teacher Mante</b>	94	120	75
<b>Ayikae Doblo</b>	182	110	135

Các tác giả nhận thấy, trong vùng nghiên cứu, ở độ sâu 2 - 3m, lượng bốc hơi ảnh hưởng lớn đến thành phần đồng vị có trong nước. Kết quả từ mô hình vận động không ổn định, lượng bổ cập của khu vực thay đổi trong khoảng 94 đến 182mm/năm



( $\pm 1-7\%$ ) tương ứng với 6 - 14% lượng mưa. Trong khi đó, sử dụng phương pháp peak-shift, lượng bổ cập là 110 đến 250 mm/năm ( $\pm 10 - 30\%$ ) tương ứng 11 - 14% lượng mưa.

*J. Parlov và cộng sự (2019)* sử dụng đồng vị bền trong nước (mô hình 2 hoặc 3 thành phần) để xác định nguồn cung cấp thấm cho TCN sông tích không áp gồm các thành tạo địa chất bờ rời Đệ tứ Holocen và Pleistocen ở Zagreb (Croatia). Các tác giả cũng xây dựng được đường nước khí tượng khu vực mô tả mối quan hệ thủy lực giữa nước mưa, nước mặt và nước dưới đất cũng như giữa các TCN khác nhau của khu vực. Mô hình 2 thành phần dựa trên giả thuyết chỉ có 2 nguồn bổ cập là nước mưa và nước sông Sava. Mô hình 3 thành phần được sử dụng để kiểm tra và định lượng thành phần đồng vị bền trong nước dưới đất. Thành phần thứ ba ở đây là nước dưới đất thấm từ các tầng chứa nước khác. Kết quả cho thấy, mô hình 2 hay 3 thành phần dựa trên cân bằng khối lượng đồng vị là công cụ hiệu quả để xác định lượng bổ cập cho tầng chứa nước. Trong khu vực, sông Sava là nguồn bổ cập chính cho nước dưới đất. Chiều dày của đới thông khí và độ thấm của đất ảnh hưởng nhiều đến việc bổ cập nước dưới đất.



Hình 1.5. Thành phần đồng vị của nước mưa ở Zagreb, Ljubljana quan sát trong lỗ khoan ở tầng chứa nước Zagreb và sông Sava (Nguồn: Parlov, 2019)

Bảng 1.9. Thành phần cung cấp thấm theo không gian ở Zagreb (Nguồn: Parlov, 2019)

Nhóm lỗ khoan quan trắc	Bổ cập từ mưa (%)	Bổ cập từ sông Sava (%)
<b>Trung tâm thành phố Zagreb</b>	29,52	70,48
<b>Lỗ khoan vùng Kosnica</b>	21,92	78,08
<b>Lỗ khoan vùng Mala Mlaka</b>	28,74	71,26
<b>Lỗ khoan vùng Petrusevec</b>	27,18	72,82
<b>Lỗ khoan vùng Sasnjak, Zitnjak</b>	32,50	67,50
<b>Lỗ khoan vùng Velika Gorica</b>	16,26	83,74
<b>Lỗ khoan vùng Zaprude</b>	24,39	75,61

Các nghiên cứu trên chỉ ra rằng trong phương pháp thủy văn đồng vị, sử dụng đồng vị bền có thể xác định chính xác mối quan hệ và sự đóng góp các nguồn cung cấp cho nước dưới đất. Sử dụng đồng vị phóng xạ có thể tính toán được lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất. Tuy nhiên, kỹ thuật thủy văn đồng vị thường tốn kém và đòi hỏi phải có trình độ chuyên sâu.

#### ***1.3.1.5. Nhóm phương pháp sử dụng viễn thám và GIS***

*M. Senthilkumar (2019)* xác định các vùng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất bằng kỹ thuật viễn thám & GIS trong hệ thống tầng chứa nước dưới đất Amaravathi, Tamil Nadu, Nam Ấn Độ. Sử dụng dữ liệu cục khảo sát Ấn Độ, dữ liệu viễn thám và công cụ GIS, các tác giả đã xây dựng các bản đồ yếu tố ảnh hưởng đến tiềm năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất khác nhau như địa mạo, địa chất, mật độ sông suối, các yếu tố tuyến tính (đứt gãy), loại đất, cường độ mưa và độ dốc. Các lớp bản đồ được cho điểm với thang đo từ 1 đến 100 tương ứng là ảnh hưởng ít đến ảnh hưởng nhiều đến bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất. Trong mỗi lớp bản đồ, các yếu tố này lại chia ra thành các phụ lớp là các chỉ số ảnh hưởng, cho điểm số từ 1 đến 4 tương ứng với rất cao, cao, trung bình và kém theo mức độ ảnh hưởng đến bổ cập nước dưới đất. Kết quả các tác giả đã thành lập được bản đồ phân vùng tiềm năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất với 4 vùng tiềm năng bổ cập là rất cao, cao, trung bình và rất kém.

*S.G Patil và nnk (2014)* sử dụng viễn thám và GIS xác định vùng tiềm năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất các lưu vực sông, áp dụng tại Maharashtra, Ấn Độ. Các tác giả đã sử dụng hệ thống thông tin địa lý và viễn thám để thành lập các bản đồ ảnh hưởng theo các yếu tố ảnh hưởng khác nhau như sử dụng đất, che phủ đất, độ dốc (%), mật độ sông suối và mật độ tuyến tính. Các lớp bản đồ này sẽ được

ước tính trọng số tùy thuộc vào mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố đến việc bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất. Sử dụng phương pháp phân tích không gian trong GIS, các tác giả đã thành lập bản đồ phân vùng tiềm năng bổ cập nước dưới đất ứng với 3 vùng là kém, trung bình và tốt.

*Preeja và nnk (2011)* xác định vùng tiềm năng bổ cập nước dưới đất của lưu vực sông vùng nhiệt đới Kerala, Ấn Độ bằng kỹ thuật viễn thám và GIS. Sử dụng dữ liệu Landsat ETM+ và dữ liệu của cục khảo sát Ấn Độ (Survey of India - SOI), các thông tin về địa chất, địa mạo, yếu tố tuyến tính, độ dốc và sử dụng đất/lớp phủ đã được lập thành các bản đồ chuyên đề. Các lớp bản đồ chuyên đề được đánh trọng số và tiến hành phân tích không gian, từ đó xác định được các vùng tiềm năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất là nghèo, trung bình, tốt và rất tốt.

#### ***1.3.1.6. Tổng hợp một số nghiên cứu về bổ cập nước dưới đất được sử dụng tại Mỹ***

Thống kê trong Bảng 1.10 của Cục khảo sát Địa chất Mỹ cho thấy, các tác giả đều kết hợp hai hay nhiều phương pháp để xác định lượng bổ cập cho nước dưới đất rồi đánh giá, so sánh kết quả giữa các phương pháp và khả năng ứng dụng của chúng.

Trong Bảng 1.11 là thống kê các nghiên cứu xác định bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất trong khu vực có điều kiện khí hậu ẩm tại Mỹ. Lượng bổ cập trung bình nước dưới đất vào khoảng 10 đến 60% lượng mưa ở khu vực này. Kết quả lượng bổ cập theo phương pháp Darcy thường lớn và theo phương pháp Clorua thường nhỏ hơn so với các phương pháp khác do quy mô lưu vực khác nhau.

Bảng 1.10. Thống kê của Cục Địa chất Mỹ về các công trình nghiên cứu về bổ cập nước dưới đất (Nguồn: USGS, 2020)

STT	Nhóm phương pháp	Phương pháp	Tác giả	Năm	Tên công trình	Nơi xuất bản
1	Nhóm phương pháp quan trắc biến động mực nước (Water Table Fluctuation methods - WTF)	Dịch chuyển đường cong suy thoái mực nước	Rutledge, A.T.	2000	Sử dụng chương trình RORA để ước lượng lượng bổ cập cho nước dưới đất từ số liệu dòng chảy	U.S. Geological Survey Open-File Report 00-156, 44 p.
		Dao động mực nước dưới đất	Heppner, C.S., Nimmo, J.R., and Risser, D.W.	2007	Các phương pháp xác định lượng bổ cập nước dưới đất vùng đá ẩm ướt, nứt nẻ.	Hydrogeology Journal, 13p.
		Dao động mực nước dưới đất	Coes, A.L., Spruill, T.B., and Thomasson, M.J.	2007	So sánh các phương pháp khác nhau về ước lượng tỷ lệ bổ cập cho tầng chứa nước nông, không áp.	Hydrogeology Journal
2	Nhóm phương pháp nghiên cứu cân bằng nước	Dòng chảy	Szilagyi, Jozef, Harvey, F.E., and Ayers, J.F.	2003	Ước tính lượng bổ cập cơ sở cho nước dưới đất sử dụng cân bằng nước và chỉ số dòng chảy cơ bản.	Ground Water, vol. 41, no. 4, p. 504-513.
		Tổng hợp	Healy, R.W, Gray, J.R., de Vries, M.P. and Mills, P.C.	1989	Cân bằng nước tại bãi thải phóng xạ mức độ thấp	Water Resources Bulletin, vol. 25, p. 381-390
3	Nhóm phương pháp nghiên cứu	Đới không bão hòa	Baehr, A.L., Kaufman, L.J.,	2003	Ước lượng sự thay đổi theo không gian của bổ cập vùng Nam New	U.S. Geological Survey Water-Resources

STT	Nhóm phương pháp	Phương pháp	Tác giả	Năm	Tên công trình	Nơi xuất bản
	theo định luật Darcy		Perkins, K.S., and Nolan, B.T.		Jersey từ các thông số đo đạc vùng không bão hòa.	Investigations Report 02-4288, 31 p.
		Thấm rỉ kế Seepage	Taniguchi, M., and Fukuo, Y.	1993	Đo đạc thấm rỉ nước dưới đất bằng thấm rỉ kế tự động seepage	Ground Water vol. 31, p. 675-679
4	Nhóm phương pháp thực nghiệm (Imperial relationships)	Hồi quy	Holtschlag, D.J.	1997	Tổng hợp các phương pháp xác định tỷ lệ bổ cập nước dưới đất ở hạ lưu Peninsula, Michigan	U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2437, 37 p.
		Hồi quy	Flynn, R.H., and Tasker, G.D.	2004	Tổng quan về ước lượng bổ cập nước dưới đất từ dữ liệu dòng chảy năm và theo mùa ở lưu vực New Hampshire	U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2004-5019, 61 p.
5	Nhóm phương pháp mô hình	Mô hình nước dưới đất	Sophocleous, M., Perkins, S.P.	2000	Phương pháp luận và ứng dụng của mô hình nước dưới đất và đường phân thủy ở Kansas	Journal of Hydrology, vol. 236, p. 185-201
		Mô hình nước dưới đất	McDonald, M.G., and Harbaugh, A.W.	1988	Mô-đun sai phân hữu hạn 3 chiều của mô hình dòng chảy nước dưới đất.	U.S. Geological Survey Techniques of Water Resources Investigations, book 6, chap. A1, 586 p.

STT	Nhóm phương pháp	Phương pháp	Tác giả	Năm	Tên công trình	Nơi xuất bản
		Mô hình HELP3	Jyrkama, M.I., Sykes, J.F., and Normani, S.D.	2002	Mô hình bổ cập tức thời nước dưới đất	Ground Water, vol. 40, no 6 p. 638-648
6	Nhóm phương pháp sử dụng chất chỉ thị (Tracers)	CFCs	Cook, P.G. and Soloman, D.K.	1997	Những tiến bộ gần đây trong việc xác định tuổi của nước dưới đất trẻ chlorofluorocarbons, $^3\text{H}/^3\text{He}$ và $^{85}\text{Kr}$	Journal of Hydrology, vol. 191, p. 245-265
		CFCs	Ekwurzel, B.S.P., Smethie, W.M., Jr., Plummer, L.N., Busenberg, E., Michel, R.L., Wepperling, R. and Stute, M.	1994	Xác định tuổi của nước dưới đất tầng nông: so sánh giá trị tức thời của chất chỉ thị $^3\text{H}/^3\text{He}$ , Chlorofluorocarbons, and $^{85}\text{Kr}$	Water Resources Research, vol. 30, no. 6, p. 1693-1708
		Chloride	Scanlon, B.R.	1991	Đánh giá thông lượng độ ẩm của đất từ dữ liệu chloride trong đất sa mạc	Journal of Hydrology, vol. 128, p. 137-156

STT	Nhóm phương pháp	Phương pháp	Tác giả	Năm	Tên công trình	Nơi xuất bản
		Tritium	Roberston, W.D. and Cherry, J.A.	1989	Tritium như là chỉ số của bổ cập và thoát trong hệ tầng chứa nước dưới đất ở trung tâm Ontario	Water Resources Research, vol. 25, p. 1097-1109
		Tritium	Allison, G.B. and Hughes, M.W.	1975	Sử dụng tritium trong môi trường để ước lượng bổ cập nước dưới đất tầng chứa nước Nam Úc.	Journal of Hydrology, vol. 26, p. 245-254
7	Nhóm phương pháp quan trắc thấm thấu qua đới thông khí (Lizimet)	Zero-Tension Lysimeters	Evet, S.R., Warrick, A.W. and Mathias	1995	Ảnh hưởng của vật liệu và lớp phủ đến nhiệt độ vi thấm kế và bốc hơi nước.	Soil Science Society of America Journal, vol. 59, p.329-336
		Zero-Tension Lysimeters	Gburek, W.J. and Folmar, G.J.	1999	Nghiên cứu hiện trường bổ cập nước dưới đất: đặc điểm khu vực nghiên cứu và kết quả ban đầu:	Hydrological Processes, vol. 13, p. 2813-2831
		Zero-Tension Lysimeters	Allen, R.G., Howell, T.A., Pruitt, W.O., Walter, I.A. and Jensen, M.E.	1991	Đo độ bốc thoát hơi nước và môi trường bằng thấm kế	American Society of Civil Engineers, New York, 444 p.

Bảng 1.11. Các phương pháp và giá trị bổ cập nước dưới đất theo phần trăm lượng mưa vùng khí hậu ẩm ướt, Mỹ (Nguồn: USGS, 2020)

Phương pháp	Các nghiên cứu bổ cập nước dưới đất từ nước mưa					
	Minnesota (Delin, 2007)	North Carolina (Coes, 2007)	Pennsylvania (Risser, 2005)	Wisconsin (Gebert, 2007)	NAWQA study (Nolan và nnk, 2007)	Mô hình (Ely, 2006)
<b>Quy mô địa phương</b>						
Biến động mực nước (WTF)	6-56 (21)	25-94 (56)	19-48 (24)			
Định tuổi của nước dưới đất	7-49 (24)	2-36 (12)				
Cân bằng nước trong đới thông khí (UZBM)	25-60 (43)					
Thẩm thấu qua đới thông khí			25-33(29)			
Phương trình cân bằng nước			24-33 (29)			
Định luật Darcy		62-69 (66)			0,00-1064 (64)	
Chất chỉ thị Clorit vùng không bão hòa					0,05-119 (10)	
Chất chỉ thị Clorit trong vùng bão hòa					0,1-327 (17)	
<b>Quy mô lưu vực</b>						
Phương trình Rorabaught	8-44 (19)	16-27 (24)	24-33 (29)			
Phân chia biểu đồ thủy văn			21-28 (25)	3-54 (21)		
Phân tích mô hình						0,3-63 (24)
<b>Quy mô vùng</b>						
Phương trình hồi quy khu vực	8-38 (21)			2-42 (20)		



### 1.3.2. Nghiên cứu bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất ở Việt Nam

#### 1.3.2.1. Nhóm phương pháp quan trắc biến động mực nước (*Water Table Fluctuation methods - WTF*)

Xác định lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất thường sử dụng phương pháp quan trắc biến động mực nước hay phương pháp Bindeman và được thực hiện trong các công tác đánh giá trữ lượng nước dưới đất của các đề tài, dự án điều tra đánh giá tài nguyên nước dưới đất.

*Phan Văn Trường (2011)*, trong nghiên cứu “ Đặc điểm phân bố và sự hình thành trữ lượng nước dưới đất vùng cát ven biển Quảng Bình”, đã sử dụng phương pháp Bindeman xác định lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất khu vực Quảng Bình. NDD trong trầm tích Đệ tứ vùng cát ven biển Quảng Bình phân bố trùng với các thành tạo địa chất với hai tầng chứa nước chính là Holocen (qh) và Pleistocen (qp). Nguồn hình thành NDD chủ yếu từ nước mưa với hệ số cung cấp ngầm đạt 15% đến 77% trữ lượng được hình thành trong mùa mưa.

*Nguyễn Đức Rõn (2014)* sử dụng phương pháp dao động mực nước xác định lượng bổ cập ở huyện Văn Lâm, Hưng Yên là 427mm/năm chiếm 34,1% lượng mưa năm và ở thành phố Hưng Yên, huyện Tiên Lữ lượng bổ cập là 547mm/năm chiếm 38,1% lượng mưa năm.

*Nguyễn Minh Lân (2018)* nghiên cứu mối quan hệ giữa nước sông và nước dưới đất, đề xuất hệ phương pháp xác định trữ lượng khai thác nước dưới đất vùng ven sông Hồng từ thị xã Sơn Tây đến Hưng Yên. Tác giả đã sử dụng dao động mực nước dưới đất trong lỗ khoan và mô hình MODFLOW làm sáng tỏ được các kiểu quan hệ thủy lực giữa sông Hồng và các tầng chứa nước trong trầm tích Đệ tứ (tầng chứa nước qh và qp): 1) Nước sông và nước dưới đất cung cấp cho nhau theo thời gian trong năm; 2) Nước sông luôn luôn cung cấp cho nước dưới đất trong tất cả thời gian trong năm và 3) Quan hệ thủy lực giữa nước sông với nước dưới đất có áp nằm sâu được ngăn cách bởi lớp thấm nước yếu.

*Nguyễn Minh Kỳ (2019)* đã sử dụng phương pháp quan trắc biến động mực nước Bindeman để xác định khả năng bổ cập nước dưới đất từ nước mưa trên địa bàn thị xã Dĩ An, tỉnh Bình Dương. Trong giai đoạn 2014 - 2017, lượng bổ cập nước dưới đất từ nước mưa phụ thuộc vào lượng mưa, số ngày mưa và quá trình đô thị hóa. Lượng bổ cập trung bình trong giai đoạn này có xu hướng giảm, lượng bổ cập tự nhiên cao nhất ở mức 95977m<sup>3</sup>/ngày năm 2013.

### **1.3.2.2. Nhóm phương pháp nghiên cứu cân bằng nước**

*Nguyễn Minh Khuyển (2015)* nghiên cứu đặc điểm hình thành trữ lượng nước dưới đất lưu vực sông ven biển tỉnh Bình Thuận và Ninh Thuận. Tác giả đã sử dụng sân cân bằng và mô hình MODFLOW xác định được lượng bổ cập nước dưới đất từ nước mưa. Thành phần tham gia hình thành trữ lượng NĐĐ gồm nguồn nước mưa cung cấp, nguồn sông suối cung cấp, nguồn bên sườn cung cấp và nguồn điều tiết từ bản thân tầng chứa nước. Mùa mưa thành phần tham gia hình thành trữ lượng NĐĐ chủ yếu là từ nước mưa (chiếm 66,2%), tiếp đó là nước sông, suối (27,3%), lượng nước điều tiết từ bản thân tầng chứa nước (4,1%) và từ bên sườn (2,5%). Ngược lại, về mùa khô thì nguồn hình thành trữ lượng cho NĐĐ là từ nước sông, suối (chiếm 41,1%), từ lượng nước điều tiết từ bản thân tầng chứa nước (33,9%), từ nước mưa (21,7%) và từ bên sườn (3,4%).

*Nguyễn Thị Ngọc Dung (2006)* xác định các thông số ĐCTV theo tài liệu quan trắc động thái nước dưới đất, thử nghiệm áp dụng cho một số vùng ở đồng bằng Bắc Bộ. Tác giả đã sử dụng sân cân bằng để xác định lượng bổ cập của nước mưa cho NĐĐ. Lượng bổ cập của nước mưa cho nước dưới đất tuyến Đan Phượng - Hoài Đức (giai đoạn 1995 - 2004) dao động trong khoảng 0,283 đến 0,3mm/ngày, thường gặp 0,3mm/ngày. Tỷ lệ phần trăm so với lượng mưa trung bình là 7%. Lượng nước mưa cung cấp cho nước dưới đất trong khoảng thời gian nêu trên là 572mm và bốc hơi là 440,85mm, lượng bổ cập lớn hơn giá trị thoát theo phương thẳng đứng là 131,15mm.

### **1.3.2.3. Nhóm phương pháp mô hình**

*Phạm Quý Nhân (2000)*, trong luận án tiến sĩ “Nghiên cứu về sự hình thành và trữ lượng nước dưới đất các trầm tích Đệ tứ đồng bằng sông Hồng và ý nghĩa của nó trong nền kinh tế quốc dân”, đã sử dụng mô hình MODFLOW để đánh giá trữ lượng nước dưới đất vùng ĐBSH và phân ra các vùng động thái cung cấp bởi nước mưa; bởi thấm xuyên và bởi thấm từ sông và từ các TCN bên dưới. Tác giả đã xác định được lượng bổ cập từ nước mưa vào trong các TCN trầm tích Đệ tứ chiếm 56,28% (vào mùa khô) và 84,11% (vào mùa mưa). Tuy nhiên, chưa có số liệu kiểm định trực tiếp lượng thấm này.

*Đoàn Văn Cảnh (2015)* sử dụng công nghệ GIS, phần mềm MODFLOW, cân bằng nước để đánh giá tài nguyên dự báo nước dưới đất ĐBBB. Theo tác giả, nước dưới đất trong các trầm tích Đệ tứ vùng đồng bằng Bắc Bộ có một số nguồn bổ cập tự nhiên chính sau, một là nguồn chảy từ phía bắc, hai là nguồn chảy vào từ hai bên sườn, ba là nguồn bổ cập trực tiếp từ nước mưa trên phạm vi phân bố của các tầng chứa nước Đệ tứ và bốn là, bổ cập trực tiếp từ nước sông Hồng.

*Hoàng Minh Tuyên và nnk (2017)*, trong nghiên cứu “Xác định lượng bổ cập nước dưới đất từ mưa trên lưu vực sông Đồng Nai”, đã sử dụng mô hình SWAT để tính toán lượng bổ cập từ mưa cho nước dưới đất. Kết quả đánh giá cho thấy lượng bổ cập trung bình năm biến động từ 100 - 500mm/năm trên các phụ lưu chính lưu vực sông Đồng Nai và từ 500 - 600 mm/năm trên các sông nhánh. Do ảnh hưởng của mặt đệm như độ che phủ mặt đất, hiện trạng sử dụng đất... dẫn đến tỷ lệ lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất biến đổi từ 2 - 30% tùy vào loại mặt đệm.

*Triệu Đức Huy (2021)*, sử dụng phương pháp mô hình và dao động mực nước, xác định, phân loại các kiểu điều kiện biên sông Hồng và biên đá gốc phần Tây Nam, thành phố Hà Nội như sau: Khu vực từ Phúc Thọ đến Cao Viên huyện Chương Mỹ thuộc kiểu III, nước dưới đất vừa thoát qua biên, vừa được cung cấp qua biên theo thời gian với giá trị lưu lượng cấp, thoát qua biên dao động từ  $-191\text{m}^3/\text{ngày}/\text{km}$  biên đến  $227\text{m}^3/\text{ngày}/\text{km}$  biên, lưu lượng thoát qua biên trung bình khoảng  $-13\text{m}^3/\text{ngày}/\text{km}$  biên. Khu vực từ Trường Thịnh đến Đội Bình huyện Ứng Hòa thuộc kiểu III, giá trị cung cấp qua biên trung bình là  $109\text{m}^3/\text{ngày}/\text{km}$  biên.

#### **1.3.2.4. Nhóm phương pháp sử dụng chất chỉ thị (Tracers)**

*Trần Thành Lê (2011)* xác định lượng bổ cập và mối quan hệ giữa các tầng chứa nước trong các trầm tích Đệ tứ vùng Thạch Thất - Đan Phượng, Hà Nội bằng phương pháp thủy văn đồng vị. Tác giả xác định thành phần cung cấp thấm, mối quan hệ thủy lực giữa các tầng chứa nước Holocen và Pleistocen bằng đồng vị bền  $^{18}\text{O}/^2\text{H}$  và lượng bổ cập bằng đồng vị phóng xạ  $^3\text{H}$ .

Tại bãi giếng huyện Đan Phượng, tác giả đã xác định được thành phần bổ cập của nước sông Hồng cho TCN Holocen và ngược lại. Mùa mưa, nước sông bổ cập cho TCN Holocen (theo đồng vị  $^{18}\text{O}$  là 88%, theo  $^2\text{H}$  là 85% lượng bổ cập). Mùa khô, nước dưới đất TCN Holocen cung cấp cho nước sông Hồng (theo đồng vị  $^{18}\text{O}$  là 74%, theo  $^2\text{H}$  là 72% lượng bổ cập).

*Phạm Quý Nhân, Đặng Trần Trung, Trần Thành Lê (2014)*, trong nghiên cứu “Sử dụng khai thác hợp lý nước dưới đất Thành phố Hà Nội”, đã tiến hành lấy mẫu đồng vị để đánh giá mối quan hệ thủy lực giữa nước sông và NĐĐ. Các tác giả xác định, lượng đóng góp của nước sông Hồng tại nhà máy nước Hạ Đình chiếm 50%, Mai Dịch 52%, Pháp Vân 57%. Các số liệu đồng vị  $^3\text{H}$  trong nước dưới đất, nước bề mặt, nước mưa đã phân chia nguồn gốc nước dưới đất Hà Nội: vùng ven sông Hồng có mối liên hệ trực tiếp với nước sông Hồng; vùng trung tâm là vùng pha trộn giữa nước dưới đất với nguồn nước bề mặt; vùng phía Tây có nguồn gốc từ nước mưa thấm xuống là chủ yếu.

*D. Postma và cộng sự (2016)*, trong nghiên cứu “Nguồn gốc Asen trong quá trình thấm của nước sông Hồng vào các tầng chứa nước dưới sâu khu vực Hà Nội, Việt Nam”, đã sử dụng đồng vị phóng xạ Tritium - Helium để xác định tuổi và mối quan hệ giữa nước sông Hồng với các TCN Đệ tứ khu vực Nam Đu, Hà Nội. Kết quả cho thấy, ở độ sâu 40m, trong TCN Holocen, nước dưới đất có tuổi trẻ chứng tỏ nước bề mặt là nguồn cấp cho nước dưới đất khu vực.

*Larsen, Phạm Quý Nhân (2008)*, trong nghiên cứu “Kiểm soát các quá trình địa chất và địa chất thủy văn trong quá trình ô nhiễm Asen vào tầng chứa nước vùng bãi bồi sông Hồng, Việt Nam”, đã sử dụng phương pháp mô hình và thủy văn đồng vị xác định lượng bổ cấp chủ yếu cho khu vực Đan Phượng là từ nước sông và nước mưa khoảng 1,5 triệu m<sup>3</sup>/năm. Sử dụng mô hình MODFLOW thì lượng bổ cấp là 60 - 100mm/năm trong khi đó dựa vào tuổi <sup>3</sup>H/ <sup>3</sup>He thì lượng bổ cấp là 195mm/năm.

#### **1.3.2.5. Nhóm phương pháp sử dụng viễn thám và GIS**

*Hà Quang Khải (2014)* nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến bổ cấp nước dưới đất khu vực thành phố Hồ Chí Minh. Tác giả sử dụng phương pháp mô hình dòng chảy nước dưới đất và phương pháp sai phân hữu hạn để xác định lượng bổ cấp nước dưới đất cho TP Hồ Chí Minh và một phần của Bình Dương, Long An và Tây Ninh. Tác giả đã xây dựng được mối quan hệ tuyến tính giữa tốc độ bổ cấp nước dưới đất với lượng mưa hiệu quả, phù hợp với giá trị quan trắc thực tế đồng thời xác định được các khu vực bổ cấp khác nhau trong vùng nghiên cứu.

*Nguyễn Văn Nghĩa (2016)* đánh giá tác động của đô thị hoá đến lượng bổ cấp từ nước mưa cho nước dưới đất thành phố Hà Nội. Tác giả sử dụng phần mềm MODFLOW và ảnh viễn thám, xác định lượng bổ cấp từ nước mưa cho nước dưới đất vùng Hà Nội qua từng thời kỳ phát triển đô thị.

Tác giả thiết lập các khu vực cân bằng nước để tính toán bằng mô hình số lượng bổ cấp từ nước mưa cho nước dưới đất vùng ngoại thành, vùng chuyển tiếp (Bắc Từ Liêm, Hà Đông, Hoàng Mai...) và vùng nội thành (Ba Đình, Hoàn Kiếm, Đống Đa, Hai Bà Trưng). Sự thay đổi sử dụng đất, việc bê tông hóa, asphalt hóa bề mặt trong quá trình đô thị hóa ảnh hưởng đến các thành phần cung cấp, lượng cung cấp cho nước dưới đất vùng nội thành Hà Nội, cụ thể giai đoạn 2001 - 2015 trên các vùng ngoại thành và vùng chuyển tiếp, lượng bổ cấp cho nước dưới đất giảm so với giai đoạn 1990 - 2000 khoảng 50 - 60%.

### **1.4. KẾT LUẬN CHƯƠNG 1**

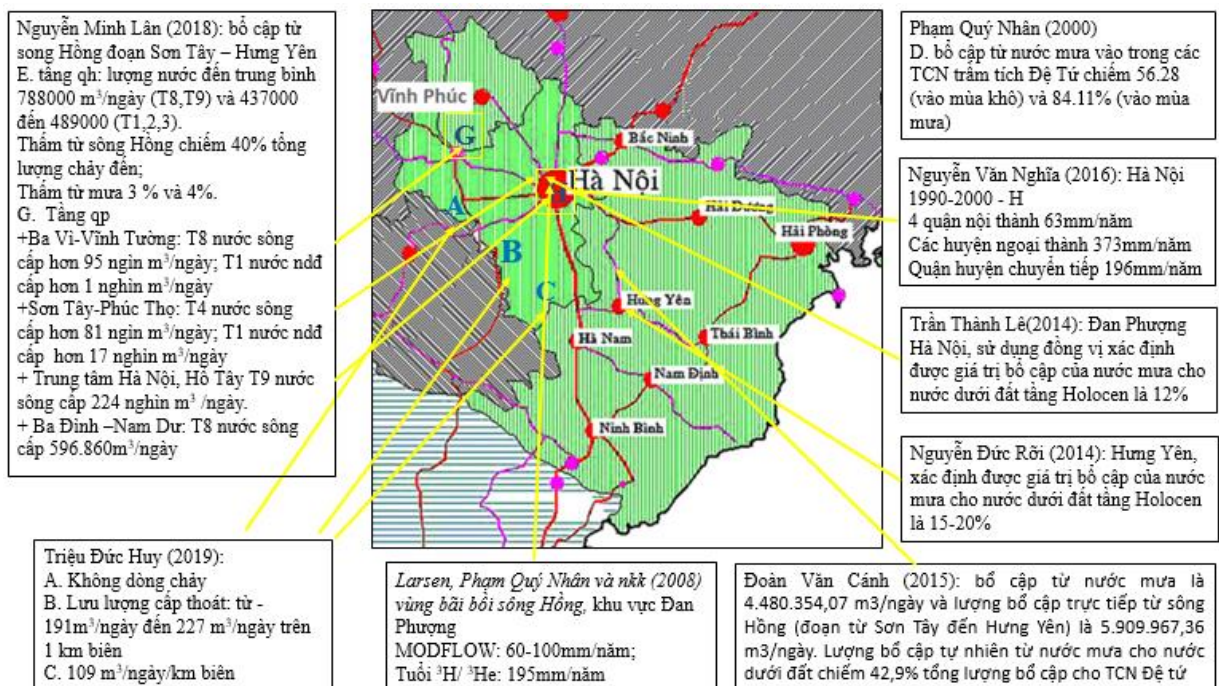
Lượng bổ cấp cho nước dưới đất thường không thể đo lường trực tiếp mà phải sử dụng các phương pháp gián tiếp. Các phương pháp gián tiếp này thường có sai số

do phụ thuộc nhiều yếu tố khó định lượng bằng các mô hình vật lý vì vậy lượng bổ cập nước dưới đất thường được xác định bằng cách sử dụng nhiều phương pháp để có được giá trị đáng tin cậy (Lerner và cộng sự, 1990).

Trên thế giới cũng như ở Việt Nam, các tác giả thường sử dụng nhóm các phương pháp như dao động mực nước, cân bằng nước, thủy văn đồng vị kết hợp với phương pháp mô hình để xác định lượng bổ cập cho nước dưới đất ở các khu vực riêng lẻ khác nhau.

Đối với ĐBSH, khi nghiên cứu bổ cập cho nước dưới đất, nhìn chung, các nhà khoa học đều thống nhất, nguồn cung cấp thấm cho đồng bằng là thấm ven rìa, thấm thẳng đứng do mưa (tưới), thấm từ sông và thấm giữa các tầng chứa nước ở những nơi có lớp cách nước yếu. Tuy nhiên, các nghiên cứu mới chỉ tập trung ở những khu vực nhỏ hay theo điểm (Hình 1.6).

Chính vì vậy, NCS thấy rằng, thứ nhất, sử dụng nhiều phương pháp xác định lượng bổ cập cho nước dưới đất rồi so sánh, đánh giá kết quả với các nghiên cứu trước là tốt hơn cả. Thứ hai, sử dụng viễn thám và GIS phân vùng tiềm năng bổ cập từ nước mưa chưa được sử dụng trên ĐBSH và là phương pháp khả thi. Thứ ba, cân bằng và thủy văn đồng vị có thể xác định được mối quan hệ, sự đóng góp của nước mưa cho nước dưới đất cũng như xác định tuổi, lượng bổ cập từ nước mưa cho TCN. Thứ tư, phương pháp mô hình đánh giá được vai trò của nước mưa đối với sự hình thành trữ lượng khai thác nước dưới đất các trầm tích Đệ tứ vùng ĐBSH.



Hình 1.6. Các nghiên cứu về bổ cập nước dưới đất cho các TCN Đệ tứ ĐBSH

## CHƯƠNG 2. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT, ĐỊA MẠO, ĐỊA CHẤT THỦY VĂN KHU VỰC NGHIÊN CỨU

### 2.1. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT

#### 2.1.1. Các thành tạo trước Đệ tứ

ĐBSH có hình dạng kéo dài phát triển theo phương Tây Bắc - Đông Nam trên cơ sở một địa hào hình thành trong quá trình tách dần vỏ lục địa từ Kainozoi sớm. Địa hào này bị khống chế bởi các đứt gãy sâu cùng phương, gồm lớp đá móng và các thành tạo Kainozoi.

##### 2.1.1.1. Lớp đá móng

Lớp đá móng có thành phần là i) các đá thuộc phức hệ sông Hồng như đá phiến kết tinh biến chất cao, phiến thạch anh, ii) các đá tuổi tiền Cambri như đá phiến kết tinh, đá phiến lục, iii) các đá tuổi Paleozoi - Mezozoi như đá trầm tích - phun trào, trầm tích lục nguyên, trầm tích cacbonat... Lớp đá móng này gồm bốn tầng cấu trúc:

Tầng cấu trúc Tiền Cambri

Tầng cấu trúc Rifei - Devon dưới

Tầng cấu trúc Paleozoi giữa - Mezozoi dưới

Tầng cấu trúc Mezozoi

##### 2.1.1.2. Thành tạo Kainozoi

Thành tạo này bao gồm ba phụ tầng:

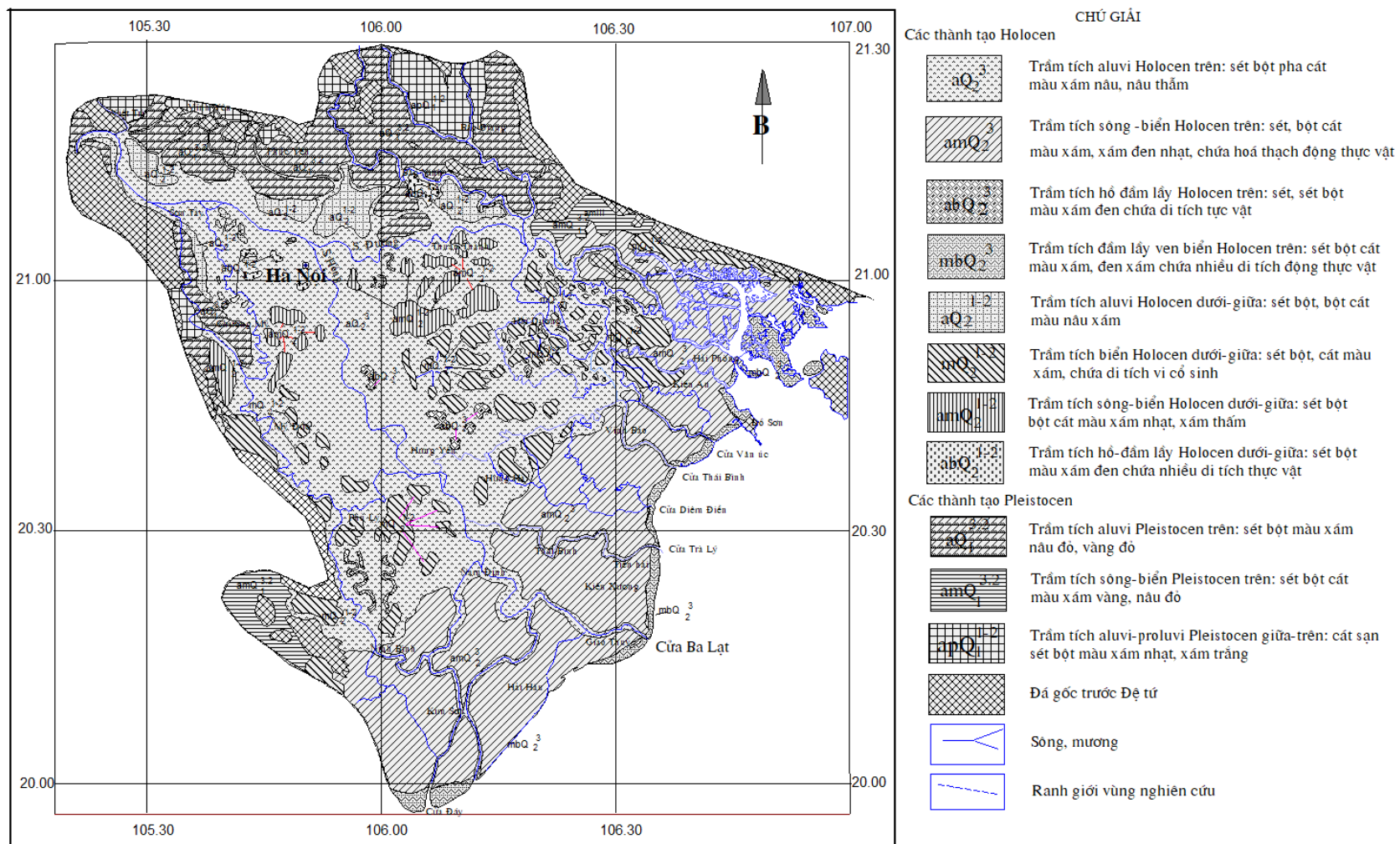
Phụ tầng cấu trúc dưới (Eocen - Oligocen) gồm hệ tầng Phù Tiên ( $P_{2pt}$ ) và hệ tầng Đình Cao ( $P_{2đc}$ ), cấu thành bởi các đá sét kết, bột kết xen cuội kết...

Phụ tầng cấu trúc giữa (Miocen) gồm hệ tầng Phong Châu ( $N_1^{1pc}$ ), hệ tầng Phủ Cừ ( $N_1^2$ ) và hệ tầng Tiên Hưng ( $N_1^3$ ), cấu thành bởi các thành tạo cát kết, sạn kết xen sét kết, bột kết xám đen chứa than nâu.

Phụ tầng cấu trúc trên (Pliocen - Đệ tứ) gồm hệ tầng Vĩnh Bảo ( $N_2vb$ ), hệ tầng Lệ Chi ( $Q_1^1$ ), hệ tầng Hà Nội ( $Q_1^{1-2-3}$ ), hệ tầng Vĩnh Phúc ( $Q_1^{2-3}$ ), hệ tầng Hải Hưng ( $Q_2^{1-2}$ ) và hệ tầng Thái Bình ( $Q_2^3$ ), cấu thành bởi các đá cát kết, bột kết, cuội kết, sạn kết và các thành tạo cuội sạn, cát bột sét bờ rời hệ Đệ tứ.

#### 2.1.2. Các thành tạo Đệ tứ

Dựa trên phương án phân chia địa tầng Đệ tứ của Ngô Quang Toàn (1989), Trần Nghi và Ngô Quang Toàn (1991), Ngô Quang Toàn (1995), Hoàng Ngọc Kỳ (2005)... Doãn Đình Lâm (2003) đã thành lập sơ đồ trầm tích Đệ tứ vùng đồng bằng ĐBSH gồm các thành tạo Holocen và Pleistocen, được phân làm 5 phân vị địa tầng, ứng với 5 chu kỳ thành tạo trầm tích (Hình 2.1)



Thành lập trên cơ sở giải đoán ảnh vệ tinh, ảnh máy bay và các bản đồ của Hoàng Ngọc Kỳ, Ngô Quang Toàn và Vũ Nhật Thăng

Hình 2.1. Sơ đồ trầm tích Đệ tứ ĐBSH (Nguồn: Doãn Đình Lâm, 2003)

### 2.1.2.1. *Thống Pleistocen*

Các thành tạo Pleistocen được chia thành 3 hệ tầng:

#### a. *Hệ tầng Lệ Chi ( $Q_1^1 lc$ )*

Trong vùng ĐBSH các thành tạo hệ tầng Lệ Chi không lộ trên mặt, chỉ thấy trong các lỗ khoan và là thành tạo lót đáy của khu vực. Ở các trũng ven rìa phía Tây và Tây Bắc ĐBSH, hệ tầng Lệ Chi xuất hiện tại độ sâu từ 45m đến 70m, chiều dày thay đổi từ 5m đến 25m, gồm 3 phần: phần dưới là các thành tạo hạt thô như cuội sạn sỏi lẫn cát thô tương lòng sông miền núi; phần giữa là cát hạt mịn, hạt trung pha cát bột; phần trên cùng là các thành tạo hạt mịn gồm sét, sét bột lẫn cát mịn xám vàng xám nhạt.

Các thành tạo hệ tầng Lệ Chi nằm phủ bất chỉnh hợp lên các thành tạo thuộc hệ tầng Vĩnh Bảo ( $N_{2vb}$ ) và ranh giới giữa 2 hệ tầng này được coi là ranh giới Neogen - Đệ tứ.

#### b. *Hệ tầng Hà Nội ( $Q_1^{1-2-3} hn$ )*

Các trầm tích hạt thô của hệ tầng Hà Nội phủ lên trên hệ tầng Lệ Chi, xuất lộ ở ven rìa phía Tây Bắc và Bắc của ĐBSH có nguồn gốc aluvi - proluvi gồm hai tập: tập dưới là các thành tạo hạt thô, thành phần thay đổi từ cuội sạn sỏi xen cát thô ở ven rìa đến cát thô, cát trung ở phần trung tâm; tập trên là các thành tạo hạt mịn gồm cát bột, bột sét.

Tại vùng trung tâm đồng bằng và ven biển, các thành tạo hệ tầng Hà Nội gặp ở trong các lỗ khoan. Ở những vùng sụt trung tâm, hệ tầng Hà Nội xuất hiện tại độ sâu 80 - 140m còn ở những vùng nâng ở hai sườn, bắt gặp tại độ sâu 40 - 80m. Thành phần thạch học của hệ tầng có nguồn gốc chuyên tiếp từ sông sang sông biển gồm hai tập: tập dưới là các thành tạo aluvi gồm cát sạn lẫn cuội nhỏ chuyển dần lên cát hạt trung, hạt mịn màu xám sáng, xen kẹp các tập mỏng bột sét và kết thúc là bột sét, bột cát màu tím nhạt; tập trên là các thành tạo sông - biển với chiều dày dao động từ 5m đến 40m, bao gồm các trầm tích cát mịn, hạt trung ở dưới xen ít bột sét. Trong thành phần trầm tích có chứa di tích tảo mặn - lợ đặc trưng cho môi trường cửa sông ven biển; trên cùng là sét, sét bột màu nâu xám, nâu gụ xen kẹp các lớp cát mịn mỏng.

#### c. *Hệ tầng Vĩnh Phúc ( $Q_1^{2-3} vp$ )*

Trầm tích hệ tầng Vĩnh Phúc phủ chỉnh hợp lên trên bề mặt của hệ tầng Hà Nội. Trầm tích hệ tầng Vĩnh Phúc có nguồn gốc aluvi đến nguồn gốc biển và là các thành tạo của một tam giác châu cổ.

Trầm tích có nguồn gốc aluvi lộ ra ở ven rìa Tây Bắc, Tây Nam của ĐBSH (Hiệp Hòa, Sóc Sơn, Vĩnh Yên...) và bắt gặp trong các lỗ khoan ở trung tâm đồng



bằng và ven biển tại độ sâu 40m đến 70m, một số nơi đến 85m. Chiều dày trầm tích thay đổi từ 5m đến 25m, thành phần chủ yếu là cát lẫn sạn sỏi ở phần dưới, chuyển lên trên là cát bột, bột sét màu vàng đỏ, vàng nâu loang lổ.

Trầm tích có nguồn gốc sông - biển lộ thành dải hẹp tại phía Bắc ĐBSH (Thuận Thành, Thủy Nguyên), bắt gặp trong các lỗ khoan ở trung tâm đồng bằng và ven biển tại độ sâu từ 20m đến 60m, chiều dày trầm tích thay đổi từ 20m đến 40m, thành phần gồm cát hạt mịn màu xám, chứa ít bột sét ở phần dưới, chuyển lên trên là các trầm tích hạt mịn gồm sét bột, bột - sét.

Trầm tích nguồn gốc biển chỉ bắt gặp trong các lỗ khoan vùng ven biển (Ninh Bình, Nam Định, Thái Bình) tại độ sâu từ 20m đến 60m, chiều dày thay đổi từ 6m đến 25m, thành phần chủ yếu là sét bột, bột sét xám xanh, xám xi măng.

### **2.1.2.2. Thống Holocen**

Các thành tạo Holocen phủ trải rộng khắp ĐBSH, chiều dày lớp trầm tích tăng dần từ 1m ở phía Tây Bắc đến trên 50m ở phía Đông Nam của đồng bằng. Các thành tạo Holocen được phân chia thành hai hệ tầng:

#### *a. Hệ tầng Hải Hưng (tuổi Holocen sớm-giữa, $Q_2^{1-2}$ )*

Đặc điểm trầm tích của hệ tầng Hải Hưng là các trầm tích đa nguồn gốc, từ sông, hồ - đầm lầy đến đầm lầy ven biển, châu thổ và cả nguồn gốc biển, chiều dày dao động từ 2m ở vùng ven rìa đồng bằng đến 20m tại trung tâm và 35m tại ven biển.

Trầm tích hệ tầng Hải Hưng lộ ra tại ven rìa Tây Bắc, Bắc của ĐBSH như Tây Bắc Hà Nội, Nam Hải Dương, Hải Phòng và ở một số vùng trung tâm đồng bằng như Vụ Bản - Nam Định, Bình Lục - Hà Nam, Hưng Hà - Thái Bình. Chiều dày tăng theo quy luật của trầm tích hệ tầng này là tăng dần từ Tây Bắc đến Đông Nam (từ 15m đến 35m), một số nơi mỏng hơn còn từ 8m đến 12m (Tiên Lữ, Phù Cừ, Thanh Miện - Hưng Yên).

#### *b. Hệ tầng Thái Bình (tuổi Holocen muộn, $Q_2^3$ )*

Trầm tích hệ tầng Thái Bình phân bố phổ biến trên hầu khắp diện tích của đồng bằng và nằm phủ lên trên các trầm tích hệ tầng Hải Hưng. Thành phần trầm tích gồm các thành tạo aluvi, hồ - đầm lầy, đầm lầy ven biển, châu thổ, và biển, chiều dày thay đổi từ 1m tại vùng ven rìa Bắc, Tây Bắc và Tây Nam đồng bằng đến 20m tại vùng ven biển. Tại khu vực Sơn Tây, trầm tích hệ tầng Thái Bình có nơi lộ ra trên mặt, chiều dày đạt tới 10m. Tại vùng trũng Nam Hà Nội, trầm tích hệ tầng Thái Bình có chiều dày trung bình 5 - 7m, có nơi đạt 15 - 20m.

Tại vùng trung tâm đồng bằng, chiều dày trầm tích rất mỏng, có nơi chỉ đạt 2 - 3m (Thường Tín đến Hưng Yên). Tại vùng ven biển, chiều dày trầm tích tăng nhanh, nhất là từ Nam Hưng Yên.

### 2.1.3. Các quá trình địa chất ĐBSH

Theo Gressly (1838) “tướng là trầm tích cùng một tuổi, nhưng thành tạo ở những nơi khác nhau”. Như vậy, tướng trầm tích thể hiện đá và môi trường thành tạo của nó. Đối với vùng ĐBSH, các trầm tích Holocen được chia thành 22 tướng theo các giai đoạn phát triển của ĐBSH như sau:

#### a. Giai đoạn vũng vịnh

Giai đoạn này xảy ra trước và sau thời điểm biển tiến cực đại, trong đó, quá trình triều và sóng biển chiếm vai trò chủ đạo hình thành đồng bằng châu thổ. Khi mực nước biển dâng cao, các con sông bắt đầu xảy ra quá trình xâm thực ngang và hình thành các trầm tích aluvi và lắng đọng ở phía Bắc, Tây Bắc đồng bằng châu thổ sông Hồng. Trong giai đoạn này hình thành 5 tướng trầm tích.

#### b. Giai đoạn châu thổ

Giai đoạn châu thổ hình thành khi tốc độ dâng của mực nước biển giảm (từ cuối Holocen sớm). Khi mực biển hạ thấp dần, tốc độ bồi tụ ở vùng cửa sông xảy ra nhanh và lớn hơn tốc độ lún chìm do vậy châu thổ bắt đầu phát triển mạnh. Trầm tích từ vùng cao được chuyển đến và lắng đọng ở đới bờ dẫn đến những vùng trước kia là cửa sông bị lấp đầy, trở thành châu thổ. Trong giai đoạn này hình thành 11 tướng trầm tích.

#### c. Giai đoạn aluvi

Giai đoạn aluvi, bắt đầu từ cuối Holocen giữa, là giai đoạn cuối cùng của chu kỳ phát triển đồng bằng châu thổ. Lúc này đồng bằng châu thổ đã hình thành và trải dài về phía biển để lại phía sau một bề mặt rộng, bằng phẳng và tương đối thấp. Sự vận chuyển vật liệu của các con sông giảm do độ cao bề mặt đồng bằng châu thổ giảm dẫn đến việc một phần vật liệu do các con sông vận chuyển sẽ được lắng đọng ngay trên bề mặt và tạo thành các trầm tích aluvi phủ lên trên các thành tạo châu thổ trước đó. Trong giai đoạn aluvi đã hình thành 6 tướng trầm tích.

### 2.1.4. Đặc điểm kiến tạo và các đới kiến trúc

#### 2.1.4.1. Đặc điểm kiến tạo

ĐBSH là nơi xảy ra hoạt động tách giãn và sụt lún mạnh nhất ở miền Bắc Việt Nam trong giai đoạn tân kiến tạo đã được đề cập đến khá nhiều trong các công trình nghiên cứu của Rezanov và nnk (1971), Nguyễn Trọng Yên (1985), Trần Văn Trị (2009) ... Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng hoạt động của các đứt gãy trong khu vực đã chia cắt ĐBSH, tạo ra kiểu kiến trúc ô mạng khá đặc trưng.

#### a. Hệ thống đứt gãy phương Tây Bắc - Đông Nam

Hệ thống là những đứt gãy sâu, lớn, có tính không chế, phân chia ĐBSH thành các đới có chế độ hoạt động kiến tạo khác nhau, gồm hai cấp:

Đứt gãy cấp I là các đứt gãy sâu đóng vai trò phân chia các yếu tố kiến trúc bậc một và không chế đặc điểm địa động lực của các đới kiến tạo gồm đứt gãy sông Hồng, đứt gãy sông Chảy, đứt gãy sông Lô. Các đứt gãy này, hình thành từ trước Neogen và hoạt động trở lại trong giai đoạn tân kiến tạo (TKT), hiện hoạt động với cơ chế trượt bằng phải thuận, đóng vai trò quan trọng trong việc chi phối các quá trình trầm tích và phân chia ĐBSH thành các đới cấu trúc có phương Tây Bắc - Đông Nam với chế độ hoạt động kiến tạo khác nhau (Phùng Văn Phách, 2018).

Đứt gãy cấp II gồm các đứt gãy Vĩnh Ninh, Kinh Môn, Ba Vì - Sơn Tây và các đứt gãy song song cùng hệ với đứt gãy sông Hồng. Các đứt gãy này phát triển dọc theo hai rìa của các đứt gãy cấp I, chia cắt các kiến trúc cấp I thành các khối nâng hạ bậc cao.

#### *b. Hệ thống đứt gãy phương Đông Bắc - Tây Nam*

Hệ thống đóng vai trò phân bậc đồng bằng, tạo nên bức tranh sứt bậc của toàn đồng bằng ĐBSH. Hệ thống đứt gãy này có độ sâu không lớn, bao gồm các đứt gãy Phúc Thọ - Phúc Yên, Chương Mỹ - Từ Sơn, Sông Đuống, Sông Luộc, Xuân Trường - Thụy Anh, Yên Mô - Hòn Gai, Văn Lý. Các đứt gãy này tạo ra kiến trúc ô mạng khá đặc thù của đồng bằng châu thổ sông Hồng.

#### *c. Hệ thống đứt gãy phương á kinh tuyến.*

Các đứt gãy thuộc hệ thống đứt gãy á kinh tuyến có chiều rộng khá lớn từ 1 - 2km đến 4 - 5km với chiều dài từ 4 - 5km đến 40 - 45km. Đây là các đứt gãy có quy mô nhỏ hơn hai hệ thống đứt gãy trên, bao gồm các đới phá huỷ Thanh Liêm - Gia Khánh, Kim Bảng, Miêu Môn, Hoà Bình - Bất Bạt, Trung Hà, Châu Sơn, Vân Cốc, Thanh Trì, Phả Lại, Kiên Thụy.

#### **2.1.4.2. Các đới kiến trúc**

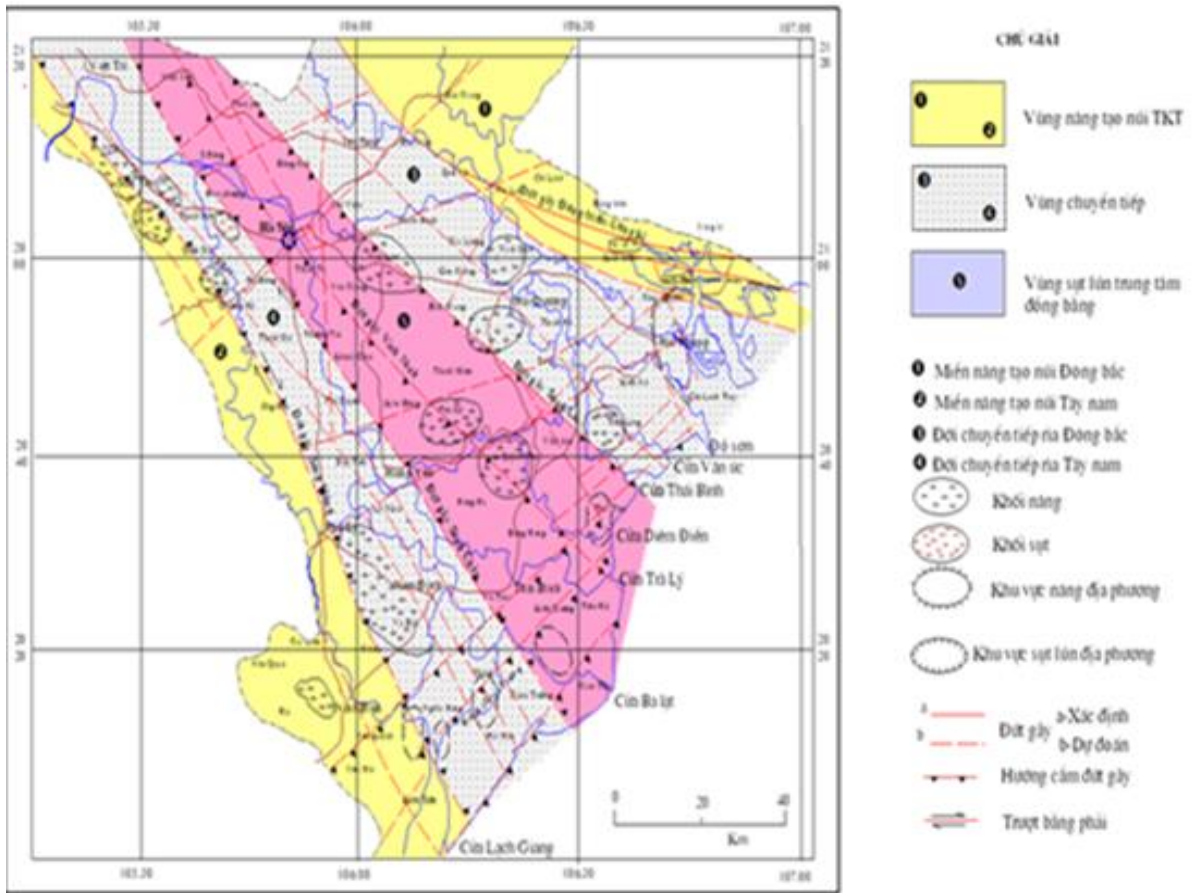
Với đặc điểm kiến tạo nêu trên, trong phạm vi ĐBSH có thể phân biệt ba vùng kiến trúc lớn (Hình 2.2).

##### *a. Vùng nâng TKT*

- Đới nâng tạo núi Đông Bắc có giới hạn về phía Tây Nam là đứt gãy sâu Quảng Yên gồm phần lớn Bắc Ninh, Bắc Giang, Đông Triều, Mạo Khê và Quảng Ninh. Hoạt động nâng trong giai đoạn TKT và kiến tạo hiện đại trong vùng này vào khoảng 1 - 2mm/năm. Trong đới tồn tại một số khu vực có biểu hiện nâng rõ rệt như Yên Tử, Kinh Môn, Quảng Yên, Yên Dũng.

- Đới nâng tạo núi Tây Nam có giới hạn về phía Đông Bắc là đứt gãy Sông Hồng thuộc địa phận các tỉnh Hoà Bình, Hà Tây (cũ), Hà Nam, Ninh Bình. Bề mặt móng chìm dần về phía Đông Nam. Vùng gần biển, chiều dày trầm tích Pliocen đạt tới 70 - 130m. Phủ trực tiếp lên bề mặt phong hoá của trầm tích Pliocen là các thành

tạo Vĩnh Phúc. Trong Oligocen - Miocen đời này nâng liên tục, còn trong giai đoạn Pliocen - Holocen đời hạ yếu.



Hình 2.2 Các đới cấu trúc vùng ĐBSH (Nguồn: Phùng Văn Phách, 2018)

#### b. Vùng chuyển tiếp

- Đới chuyển tiếp Đông Bắc có giới hạn về phía Tây Nam là đứt gãy Sông Lô, về phía Đông Bắc là đứt gãy Quảng Yên, có cơ chế nâng trong giai đoạn Oligocen - Miocen và sụt lún mạnh trong Pliocen - Đệ tứ. Phần Đông Nam đới bị các đứt gãy phương Đông Bắc - Tây Nam cắt ngang, tạo sự phân bậc. Trong đới phát triển một số khu vực nâng hạ địa phương như đới nâng Việt Trì, Kiến An, đới sụt Tiên Lãng, Hải Phòng... Vùng ven biển vắng mặt các thành tạo Miocen dưới - giữa.

- Đới chuyển tiếp Tây Nam có giới hạn về phía Tây Nam là đứt gãy Sông Hồng và về phía Đông Bắc là đứt gãy Sông Cháy. Đới này nâng yếu trong giai đoạn đầu TKT và sụt mạnh trong giai đoạn Pliocen - Đệ tứ. Bề mặt móng chìm dần về phía Đông Nam. Trong đới tồn tại một số đới nâng cục bộ như đới nâng Phúc Thọ - Chương Mỹ, Vụ Bản - Nam Định... và có một vài trũng sụt lún như trũng sụt lún Đan Phượng - Hoài Đức, Nghĩa Hưng, Kim Sơn. Trên mặt của trũng này còn thấy nhiều dấu vết 37ian sông cổ.

#### c. Vùng sụt lún trung tâm:

Đây là vùng trung tâm đồng bằng giới hạn bởi đứt gãy Sông Lô ở phía Đông Bắc và đứt gãy Sông Chảy ở phía Tây Nam. Đứt gãy Vĩnh Ninh phân chia vùng sụt lún trung tâm thành hai đới có chế độ TKT khác nhau. Đới một đặc trưng bởi cơ chế sụt liên tục trong giai đoạn TKT, đặc trưng bởi một loạt các cấu trúc lõm địa phương (trũng Đông Quan) và đới hai sụt lún mạnh trong giai đoạn đầu và nâng yếu trong giai đoạn sau (N<sub>2</sub>-Q), đặc trưng bởi các cấu trúc lồi địa phương (Tiên Hưng, Kiến Xương, Tiên Hải).

## 2.2. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA MẠO

Đồng bằng sông Hồng là một vùng tam giác châu với đỉnh tại Việt Trì, Phú Thọ, được bao bọc bởi các hệ thống đồi núi về hai cánh Đông Bắc và Tây Nam. Phần đáy tam giác châu kéo dài về phía Đông đến Hải Phòng và về phía Đông Nam tới Ninh Bình.

Hình thái địa hình ĐBSH có các kiểu sau (Hình 2.3):

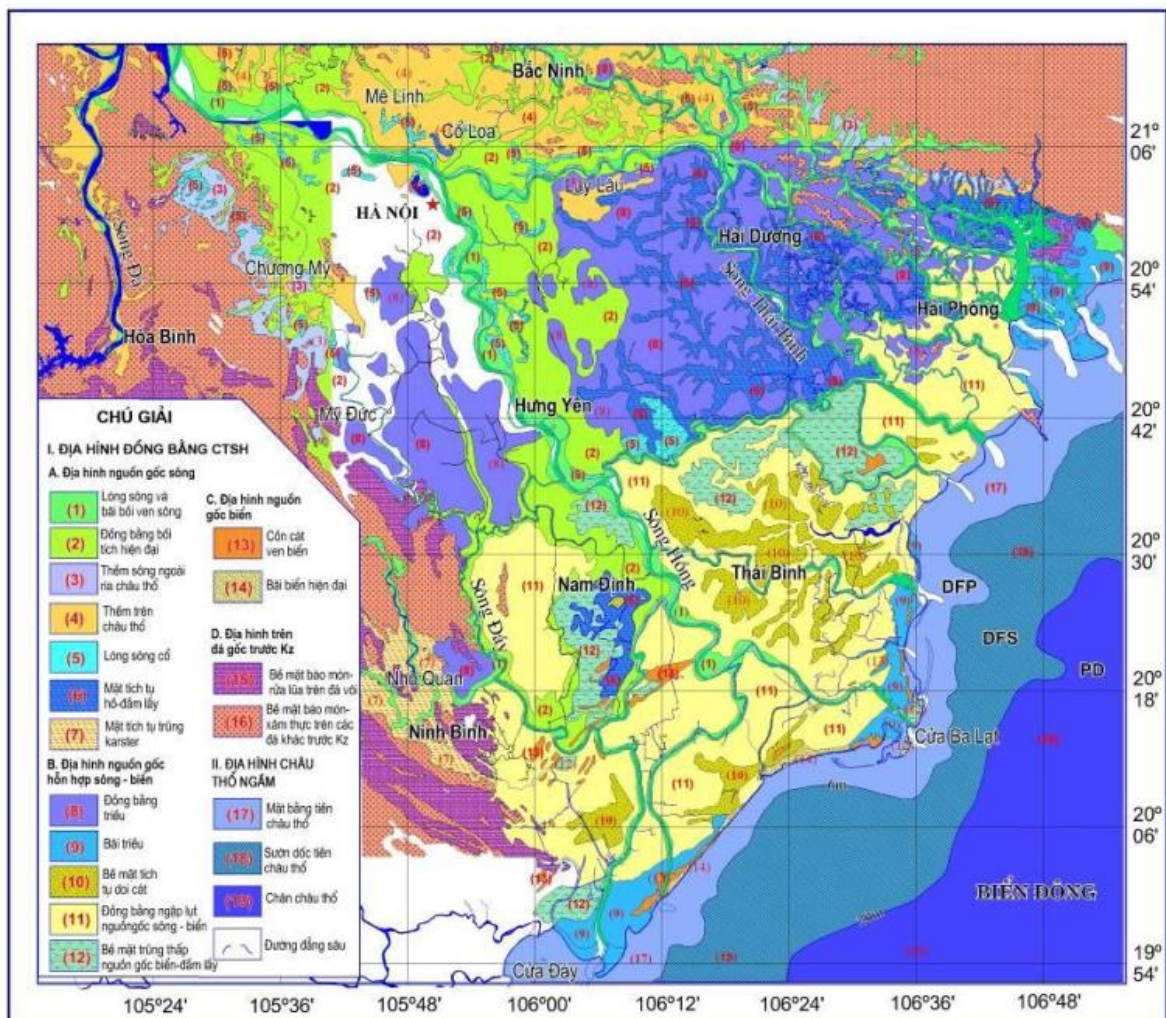
+ Kiểu hình thái địa hình trên đồng bằng châu thổ nguồn gốc sông gồm i) Lòng sông và bãi bồi ven biển, phân bố bên ngoài các hệ thống đê chống lũ, phía đỉnh đồng bằng vùng Vĩnh Phúc, Hà Nội có độ cao địa hình từ 2 - 4m và các gò cát cao từ 3 - 5m, phía đáy đồng bằng vùng Hải Phòng, Thái Bình có độ cao 1m và nhỏ hơn; ii) Bề mặt đồng bằng châu thổ hiện đại (hay bãi tích sông) phân bố rộng rãi, độ cao trung bình phổ biến trên 5m; iii) Bề mặt bậc thềm sông thuộc các sông miền núi và trung du rìa châu thổ nằm ở khu vực địa hình chuyển tiếp từ núi xuống đồng bằng, độ cao tuyệt đối dao động từ 7 - 8m đến 10 - 15m; iv) Bề mặt bậc thềm sông trên châu thổ nằm về phía Bắc sông Hồng tại khu vực Đông Anh (Hà Nội), Mê Linh, Vĩnh Yên, Bắc Ninh có độ cao địa hình dao động từ 4 - 8m; v) Các hồ sót, hay hồ móng ngựa và các đoạn sông cổ là những dấu tích còn lại của lòng sông cổ khi chúng xâm thực ngang, cắt vào bề mặt đồng bằng hiện đại và hình thành hiện tượng sông uốn khúc; vi) Bề mặt tích tụ trũng nguồn gốc hồ - đầm lầy. Đây là các trũng tích tụ giữa đồng bằng phân bố rải rác trên bề mặt đồng bằng, trong đó phổ biến nhất ở khu vực phía Đông Bắc châu thổ sông Hồng, thuộc các tỉnh Hải Dương và Hải Phòng; vii) Bề mặt tích tụ trũng quanh các khối karst. Dạng địa hình này thường gặp xung quanh các khối núi đá vôi trên đồng bằng châu thổ, đặc biệt ở khu vực Nho Quan (Ninh Bình). Bề mặt đồng bằng thấp, có dòng chảy bao quanh. Vào mùa mưa các khu vực này trở thành vùng đầm lầy ngập nước.

+ Kiểu hình thái địa hình trên đồng bằng châu thổ nguồn gốc hỗn hợp sông - biển, độ cao trung bình của dạng địa hình này vào khoảng từ 1m đến 5m, cấu thành bởi trầm tích cát, bùn sét màu xám, xám nâu, xám đen lẫn nhiều tàn tích thực vật chưa phân hủy hết bao gồm i) Bề mặt đồng bằng ngập lụt trong môi trường động lực triều;

ii) Bề mặt tích tụ sông - triều hiện đại; iii) Bề mặt tích tụ dạng doi cát cửa sông; iv) Bề mặt đồng bằng ngập lụt nguồn gốc sông - biển; v) Bề mặt tích tụ thấp dạng trũng nguồn gốc sông - biển.

+ Kiểu hình thái địa hình nguồn gốc biển với đặc trưng là bề mặt tích tụ dạng cồn cát ven biển, phân bố ở Thụy Anh, Cồn Lu (Thái Bình), Quất Lâm (Nam Định) và rải rác ở nhiều nơi với kích thước không lớn.

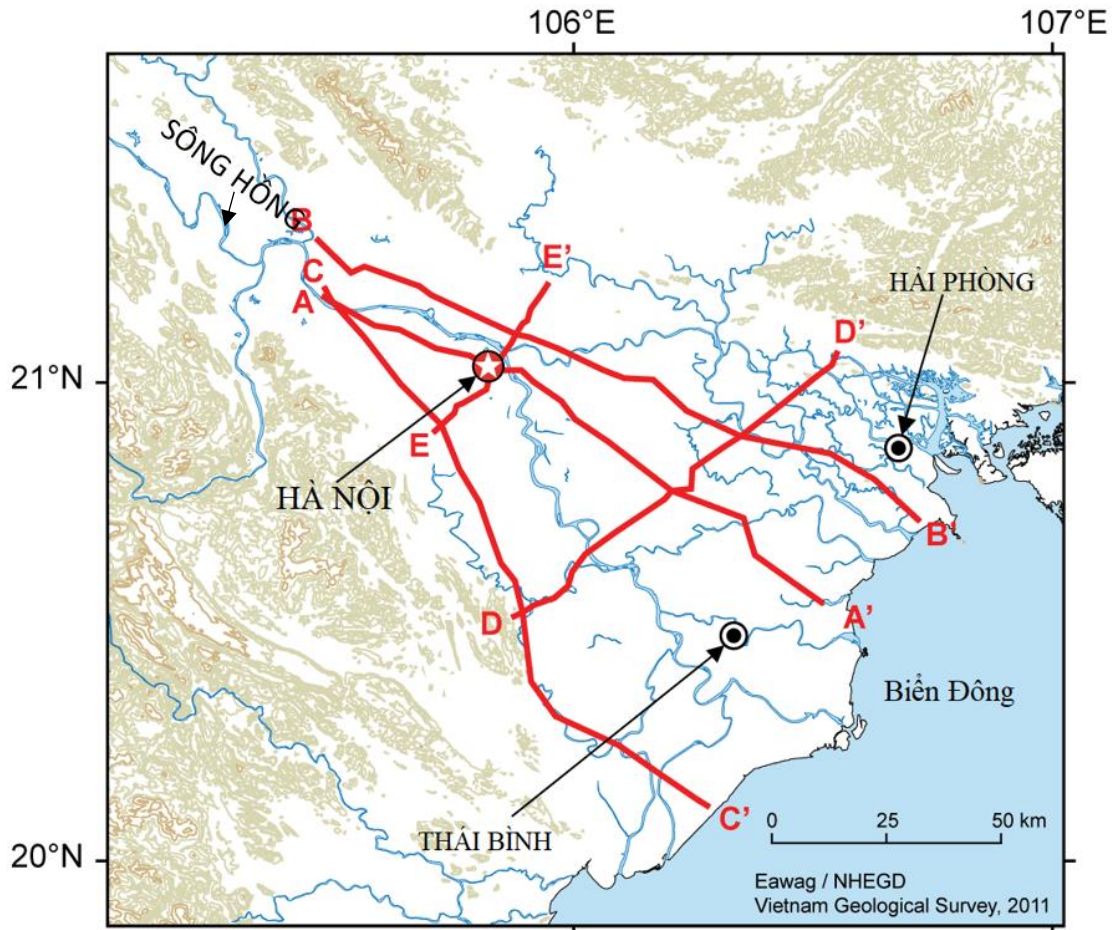
+ Kiểu hình thái địa hình nguồn gốc khác gồm i) Bề mặt bào mòn - rửa lũa trên núi đá vôi có độ cao thay đổi 500 - 900m; ii) Bề mặt bào mòn - xâm thực trên các đá khác với địa hình đồi sót (trên đồng bằng) gập rải rác ở Bắc Ninh, Hà Tây (cũ), Hải Dương (huyện kinh Môn), Hải Phòng... được chia thành đồi thấp (độ cao < 50 m) và đồi cao (độ cao > 50 m) và các khối núi đá vôi ở Kinh Môn, Kiến An có độ cao thay đổi 100 - 200m.



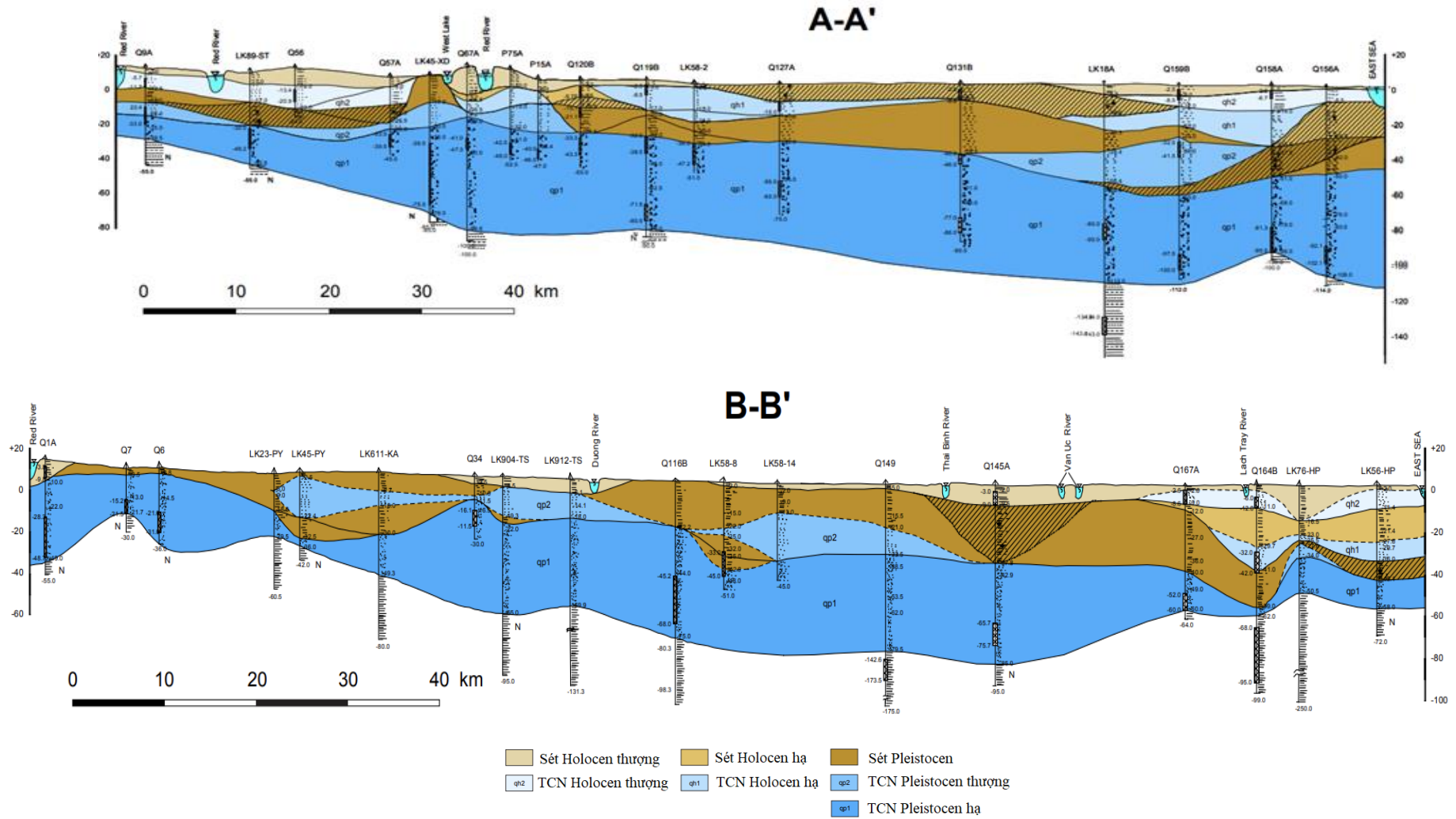
Hình 2.3. Hình thái địa hình đồng bằng sông Hồng (Nguồn: Phùng Văn Phách, 2018)

### 2.3. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT THỦY VĂN

Luận án tập trung trình bày các đặc điểm ĐCTV của các trầm tích bờ rời tuổi Đệ tứ vùng ĐBSH. Trong trầm tích Đệ Tứ, nước dưới đất tồn tại trong lỗ hổng của trầm tích hạt thô như cát, cuội sỏi. Bên trên và bên dưới các TCN là các tầng cách nước hoặc thấm nước yếu với bề dày biến đổi (Hình 2.4, Hình 2.5, Hình 2.6).

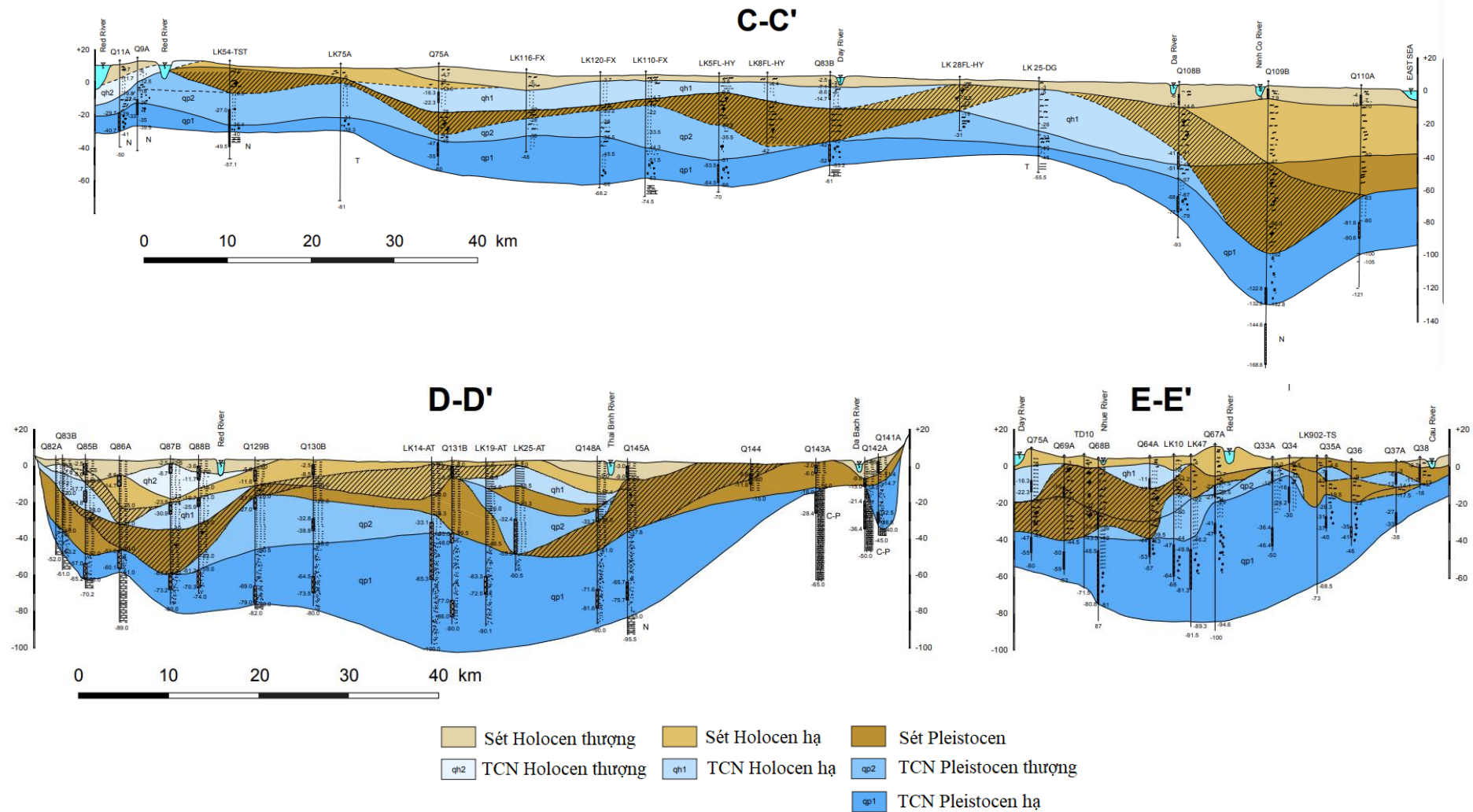


Hình 2.4. Các tuyến mặt cắt địa chất thủy văn ĐBSH (Nguồn: Winkel, 2011)



Hình 2.5. Các mặt cắt địa chất thủy văn ĐBSH (tuyến AA', BB') (Nguồn: Winkel, 2011)





Hình 2.6. Các cắt địa chất thủy văn ĐBSH (tuyến CC', DD', EE') (Nguồn: Winkel, 2011)

### 2.3.1. Các tầng chứa nước lỗ hổng

#### 2.3.1.1. Tầng chứa nước Holocen

TCN lỗ hổng Holocen là tầng chứa nước thứ nhất kể từ mặt đất và có tuổi trẻ nhất (xem Hình 2.5, Hình 2.6). TCN phân bố khá rộng rãi từ trung tâm đồng bằng ra biển. Từ đỉnh đồng bằng đến Hà Nội tầng chứa nước phân bố thành dải hẹp ven sông Hồng, một số khoảnh nhỏ ở thung lũng giữa núi hay ven các sông nhỏ khác.

Chiều sâu nóc, đáy tầng chứa nước thay đổi trong một phạm vi khá rộng. Phần từ đỉnh đồng bằng đến Hải Dương - Hưng Yên chiều sâu nóc tầng thường 2 - 8m, có nơi đất đá chứa nước lộ ngay trên mặt đất nhưng cũng có nơi tới 19 - 20m. Phần từ Nam Định, Thái Bình ra biển chiều sâu thường lớn hơn có khi tới 40 - 45m.

Chiều sâu đáy tầng 20 - 30m và lớn hơn. Riêng khu vực Nam Định, Thái Bình 40 - 50m, cá biệt tới 54m. Tầng có chiều dày trung bình 13,6m, có nơi tới 30 - 40m, nhưng cũng có nơi, nhất là ở ven rìa đồng bằng bị vát mỏng chỉ còn 1,5 - 3m.

Thành phần thạch học gồm các trầm tích của hệ tầng Thái Bình và phần trên hệ tầng Hải Hưng. Đáy tầng có lẫn sạn sỏi và ít cuội nhỏ. Độ lỗ hổng của đất đá có xu hướng giảm dần từ trũng sông Hồng đến rìa thung lũng và từ đỉnh đồng bằng ra biển.

Phủ lên bề mặt tầng (trừ những khoảnh tầng xuất lộ trên mặt đất) là các thành tạo thấm nước yếu như sét, sét pha, sét bùn, chứa tàn tích thực vật và các vỏ sò ốc hiện đại. Trải dưới tầng là các đất đá thấm nước yếu gồm sét màu nâu, nâu vàng loang lỗ có tuổi Pleistocen muộn.

Chiều sâu mực nước tĩnh 1 - 3,5m, có xu hướng càng gần sông càng giảm, trừ dải nội đồng. Tại đây có mực nước năm sâu hơn. Ở Hưng Yên, Hải Dương, Nam Định, Thái Bình chiều sâu mực nước 0,2 - 0,5m. Đất đá chứa nước có tính thấm trung bình, nhiều khoảnh có tính thấm cao. Đất đá giàu nước, số lỗ khoan có tỷ lưu lượng 0,1 - 0,2l/sm chiếm 10%, từ 0,2 - 1l/sm chiếm 16%, trên 1l/sm chiếm 74%.

Hệ số dẫn nước trung bình 300 - 500m<sup>2</sup>/ngày. Hệ số nhả nước trọng lực có xu hướng tăng dần từ rìa thung lũng đến sông, từ 0,01 - 0,05 ở các đới xa sông đến 0,09 - 0,17, trung bình 0,1 ở các đới ven bờ.

Nguồn cung cấp cho tầng chứa nước chủ yếu là nước mưa và nước mặt. Đại lượng cung cấp thấm của nước mưa cho NDĐ phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố, trong đó chiều dày và thành phần đất đá đới thông khí có ảnh hưởng quyết định vì chúng đặc trưng cho đại lượng lực cản thấm của đất đá đối với khả năng thấm xuống tầng chứa nước của nước mưa. Tài liệu điều tra xác nhận rằng lớp nước dưới đất được nước mưa cung cấp cho tầng chứa nước lỗ hổng không áp ở những vùng thành phần đất đá của đới thông khí là sét và chiều dày thường rất nhỏ (Trạm Trôi - Hoài Đức:

39 mm/năm; Thủ Y - Hoài Đức: 29mm/năm). Ngược lại, khi đới thông khí được cấu thành bởi cát pha, cát hoặc ở nơi trầm tích chứa nước yếu bị vát mỏng, nước mưa thấm xuống dễ dàng hơn và lớp nước dưới đất dày hơn, thường là 200 - 300mm/năm, có nơi lớn hơn như Sơn Tây 430,7 mm/năm, Thọ An - Đan Phượng 489mm/năm và Vân Côn - Hoài Đức 554,8 mm/năm.

Phần từ đỉnh đồng bằng tới Hà Nội, nước nhạt, độ khoáng hoá dao động từ 0,189 đến 0,445g/l, nước từ mềm tới cứng vừa kiểu Bicacbonat Canxi - Magiê, độ pH 6,9 - 8,0.

Phần từ Hưng Yên, Hải Dương ra biển là đới xen kẽ giữa nước nhạt với nước lợ, tồn tại nhiều thấu kính nước nhạt phân bố dạng “da báo”. Các thấu kính nước nhạt có thể có trữ lượng lớn.

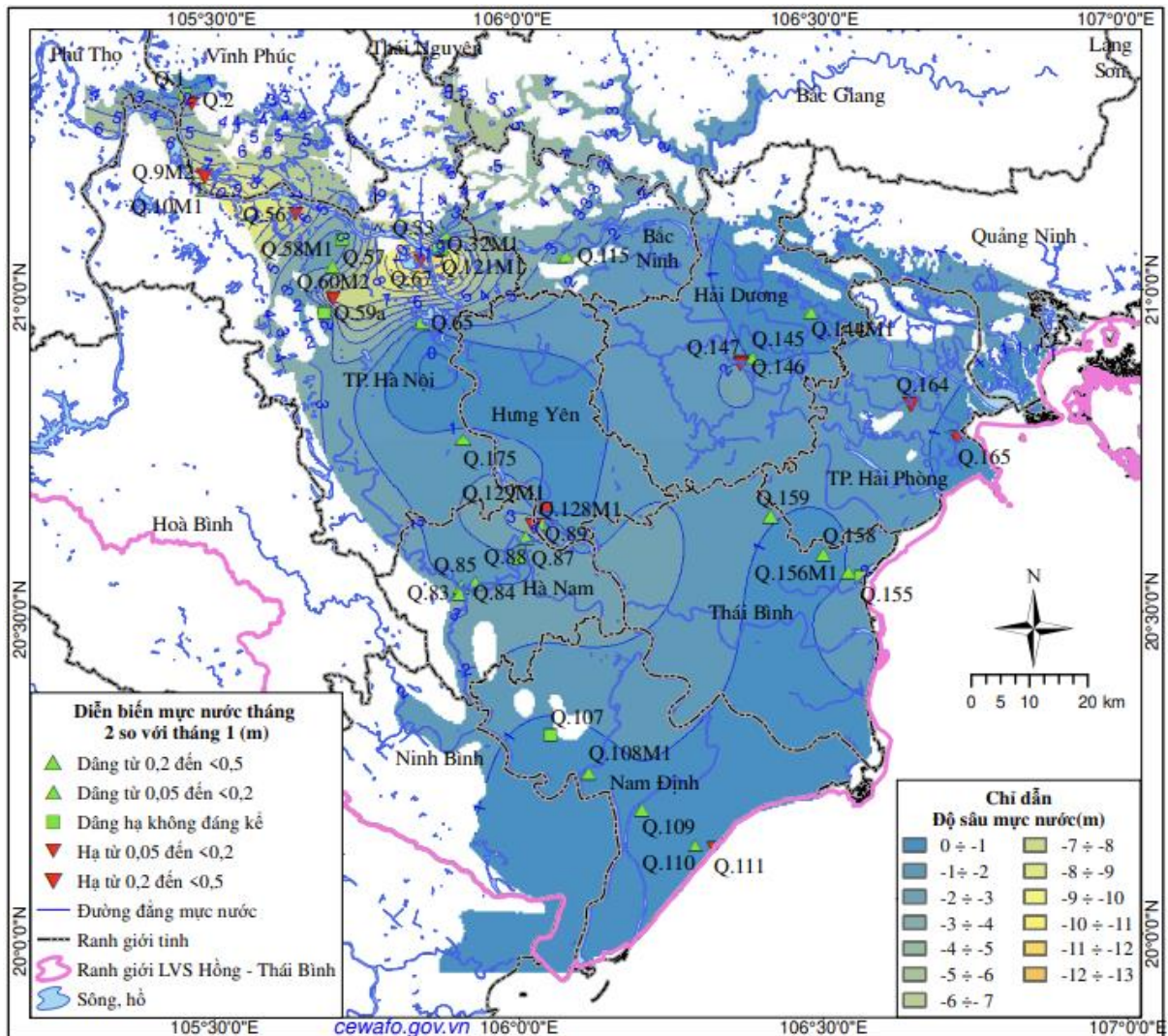
Giữa nước nhạt với nước mặn tồn tại đới chuyển tiếp. Nước lợ có độ khoáng hoá 1 - 3g/l. Kiểu thành phần hoá học từ  $\text{HCO}_3$ , Cl - Na chuyển sang Cl,  $\text{HCO}_3$  - Na hoặc Cl - Na.

Mực nước TB cực trị của TCN Holocen (qh) thể hiện ở Bảng 2.1 cho thấy, trên ĐBSH, nhiều nơi tuy không khai thác nước ở TCN này nhưng do khai thác mạnh các tầng chứa nước bên dưới làm cho mực nước dưới đất bị hạ xuống, hình thành các phễu hạ thấp mực nước (Hà Nội mực nước hạ thấp từ -8,2m tháng II năm 2001 xuống -12,72m tháng II năm 2022).

Bảng 2.1. Mực nước TB cực trị tháng II qua các thời kỳ (Nguồn: Cục Quản lý Tài nguyên nước, 2021)

Thời gian	Mực nước TB tháng sâu nhất		Mực nước TB tháng nông nhất	
	Giá trị (m)	Địa điểm	Giá trị (m)	Địa điểm
2/2021	-12,06	Tứ Liên, Tây Hồ, Hà Nội (Q.67)	-0,43	Kim Xuyên, Kim Thành, Hải Dương (Q.144M1)
02/2022	-12,72	Như trên, Q67	-0,26	Hải Thành, Dương Kinh, Hải Phòng (Q.165)
02/2016	-11,77	Như trên, Q67	-0,29	Hải Tây, Hải Hậu, Nam Định (Q.110)
02/2011	-11,10	Như trên, Q67	-0,31	Như trên, Q110
02/2001	-8,2	Như trên, Q67	-0,55	Như trên, Q110

Hình 2.7 cho thấy diễn biến mực nước dưới đất trung bình tháng II so với tháng I năm 2021 của TCN Holocen có xu thế dâng. Giá trị dâng cao nhất là 0,48m tại xã Chính Lý, huyện Lý Nhân, tỉnh Hà Nam (Q.87) và giá trị hạ thấp nhất là 0,33 xã Vĩnh Thịnh, huyện Vĩnh Tường, tỉnh Vĩnh Phúc (Q.9M2). Trong tháng II: Mực nước trung bình tháng nông nhất là -0,43m tại xã Kim Xuyên, huyện Kim Thành, tỉnh Hải Dương (Q.144M1) và sâu nhất là -12,06m tại P. Tứ Liên, Q. Tây Hồ, TP. Hà Nội (Q.67).



Hình 2.7. Diễn biến mực nước TCN Holocen tháng II năm 2021 (Nguồn: Cục Quản lý Tài nguyên nước, 2021)

### 2.3.1.2. Tầng chứa nước Pleistocen

Tầng chứa nước Pleistocen được cấu thành từ các trầm tích hạt thô của hệ tầng Lệ Chi, hệ tầng Hà Nội và hệ tầng Vĩnh Phúc trong đó các trầm tích hạt thô của hệ tầng Hà Nội và Vĩnh Phúc là các trầm tích chứa nước tốt (xem Hình 2.5, Hình 2.6). Trên cơ sở nghiên cứu về lịch sử tiến hóa các trầm tích Đệ tứ trong mối quan hệ với dao động MNB có thể thấy rằng mỗi một tầng trầm tích hạt thô được hình thành

trong một thời kỳ biển thoái được phủ bởi một tầng trầm tích biển hình thành vào thời kỳ biển tiến sau đó. Trong Pleistocen, quá trình biển tiến biển thoái luân phiên đã làm bào mòn các trầm tích biển hạt mịn làm cho các trầm tích hạt thô của các hệ tầng Lệ Chi, Hà Nội, Vĩnh Phúc nằm phủ trực tiếp lên nhau tạo thành tầng chứa nước Pleistocen, ở một số nơi vẫn bắt gặp các trầm tích biển ngăn cách giữa các tầng trầm tích hạt thô tạo nên 2 lớp chứa nước qp1 (trong các trầm tích hạt thô hệ tầng Hà Nội) và qp2 (trong các trầm tích hạt thô hệ tầng Vĩnh Phúc)

Tầng chứa nước Pleistocen phân bố rộng khắp đồng bằng, lộ chủ yếu ở phần đỉnh đồng bằng tại Cao Mại, Vạn Thắng, Sơn Tây, Sóc Sơn, còn đa phần bị phủ bởi các trầm tích có tuổi trẻ hơn. Do ảnh hưởng của các quá trình địa chất mà trật tự các TCN trong trầm tích Đệ Tứ có những nét đặc biệt: từ Hà Nội ra biển, TCN Pleistocen nằm dưới TCN Holocen và giữa chúng có một tầng ngăn cách thấm nước yếu, dày từ 0,6 đến 55m. Ở phần Tây Bắc đồng bằng do tầng Holocen chỉ tồn tại dưới dạng dải ven sông nên phần lớn diện tích TCN Pleistocen không bị phủ kín bởi tầng ngăn cách thấm nước yếu. Thêm vào đó ở dải ven sông các hoạt động xâm thực đã bào mòn cắt mất hẳn tầng ngăn cách, làm cho hai TCN nằm trực tiếp với nhau và có chung một mực nước. Tuy nhiên, ở nhiều khu vực khác, tầng chứa nước được bao phủ bởi 2 tầng sét tuổi Holocen và Pleistocen muộn với bề dày tăng dần từ lục địa ra biển.

Tầng chứa nước Pleistocen được cấu thành bởi hai lớp i) lớp trên là TCN qp2 là trầm tích của hệ tầng Vĩnh Phúc chủ yếu là cát, đáy lớp lẫn sạn sỏi nhỏ có chiều dày thay đổi từ 1 đến 55,7m, đa phần trên 20m. Lưu lượng hút nước thí nghiệm nhỏ từ 0,57l/s đến 10,82l/s, tỷ lưu lượng 0,037l/sm - 5,35l/sm. Số lỗ khoan thuộc loại giàu nước trung bình chiếm 30%, giàu nước chiếm 65%. Hệ số dẫn nước thay đổi 48m<sup>2</sup>/ngày đến 756m<sup>2</sup>/ngày, đa phần 150 - 300m<sup>2</sup>/ngày. Hệ số nhả nước là 0,04 - 0,024. ii) lớp dưới là TCN qp1 là các thành tạo hạt thô của hệ tầng Hà Nội gồm cuội sỏi sạn cát hạt thô, rất giàu nước. Lưu lượng khai thác đạt 50l/s với các lỗ khoan gần sông (khoảng cách giữa các giếng 200 - 250m) và 20 - 30l/s với các lỗ khoan xa sông (khoảng cách giữa các giếng 400 - 500m). Độ dẫn nước 700 - 2000m<sup>2</sup>/ngày. Hệ số truyền áp n.105 - n.106m<sup>2</sup>/ngày. Hệ số nhả nước từ một phần nghìn đến vài phần nghìn..

Nước trong TCN Pleistocen thuộc loại có áp. Tại các “cửa sổ” địa chất thủy văn, TCN Holocen nằm trực tiếp lên trên TCN Pleistocen, tạo thành một hệ thống thủy động lực chung. Nguồn cung cấp chủ yếu cho TCN Pleistocen là nước mặt sông, hồ, thấm qua “cửa sổ địa chất thủy văn”, nước từ hai bên rìa chảy vào và lượng nước

thấm xuyên từ TCN Holocen bên trên. Nguồn thoát chủ yếu ra sông, biển, thấm xuyên lên TCN bên trên và cung cấp cho dân sinh.

### **2.3.2. Các trầm tích thấm nước yếu**

#### ***2.3.2.1. Các trầm tích thấm nước yếu tuổi Holocen sớm giữa hệ tầng Hải Hưng ( $Q_2-1^2$ hh)***

Các trầm tích phân bố ở vùng Hải Dương, Hưng Yên, Nam Định, Hà Nam, Ninh Bình, Hải Phòng có nguồn gốc biển ( $mQ_2^{1-2}$ ) và biển đầm lầy ( $mbQ_2^{1-2}$ ) (xem Hình 2.5, Hình 2.6). Thành phần trầm tích gồm sét, sét bột màu xám xanh, xám tro, xám đen lẫn các tàn tích thực vật và thấu kính than bùn có chiều dày từ 4 đến 55m. Hệ số thấm của đất đá theo kết quả đổ nước thí nghiệm cho thấy rất nhỏ từ  $0,004 \div 0,03m/ngày$ , do đó xếp vào loại thấm nước rất yếu hoặc thực tế không thấm nước. Thành phần vật chất của lớp thấm nước yếu này có ảnh hưởng đến thành phần hoá học của TCN Holocen.

#### ***2.3.2.2. Các trầm tích cách nước Pleistocen muộn hệ tầng Vĩnh Phúc ( $Q_1^3$ vp).***

Các trầm tích này nằm giữa tầng cách nước Holocen và TCN Pleistocen. Chúng lộ ra ở rìa Đông Bắc và Tây Nam của đồng bằng thuộc Vĩnh Phúc, Bắc Hà Nội, Bắc Ninh, Ninh Bình, Hà Tây (cũ) (xem Hình 2.5, Hình 2.6). Phần còn lại bị các trầm tích trẻ hơn phủ lên trên gồm phần trên của các trầm tích sông biển ( $amQ_1^3vp$ ), trầm tích sông hồ đầm lầy ( $albQ_1^3vp$ ) và phần trên của trầm tích sông ( $aQ_1^3vp$ ). Thành phần trầm tích gồm sét bột, sét cát màu xám vàng, xám đen có bề mặt bị phong hóa laterit loang lổ có chiều dày  $5 \div 50m$ .

### **2.3.3. Đặc điểm động thái nước dưới đất đồng bằng sông Hồng**

#### ***2.3.3.1. Đặc điểm động thái nước không áp tầng chứa nước Holocen (qh).***

Căn cứ vào mức độ ảnh hưởng của các nhân tố đến động thái của NĐĐ có thể chia ra hai vùng động thái: tự nhiên và bị phá huỷ. Vùng động thái tự nhiên gồm 3 phụ vùng: khí hậu, khí hậu - thủy văn và khí hậu - thủy triều (Hình 2.8).

##### ***a. Vùng động thái bị phá huỷ***

Vùng động thái tự nhiên của nước dưới đất bị phá huỷ quan sát thấy ở khu vực Hà Nội, Sơn Tây, Bắc Ninh, Hưng Yên. Nơi có các công trình khai thác nước tập trung cũng như các lỗ khoan khai thác lẻ tẻ khác. Đồ thị dao động mực nước theo thời gian không còn dáng dấp của động thái tự nhiên.

##### ***b. Vùng động thái tự nhiên***

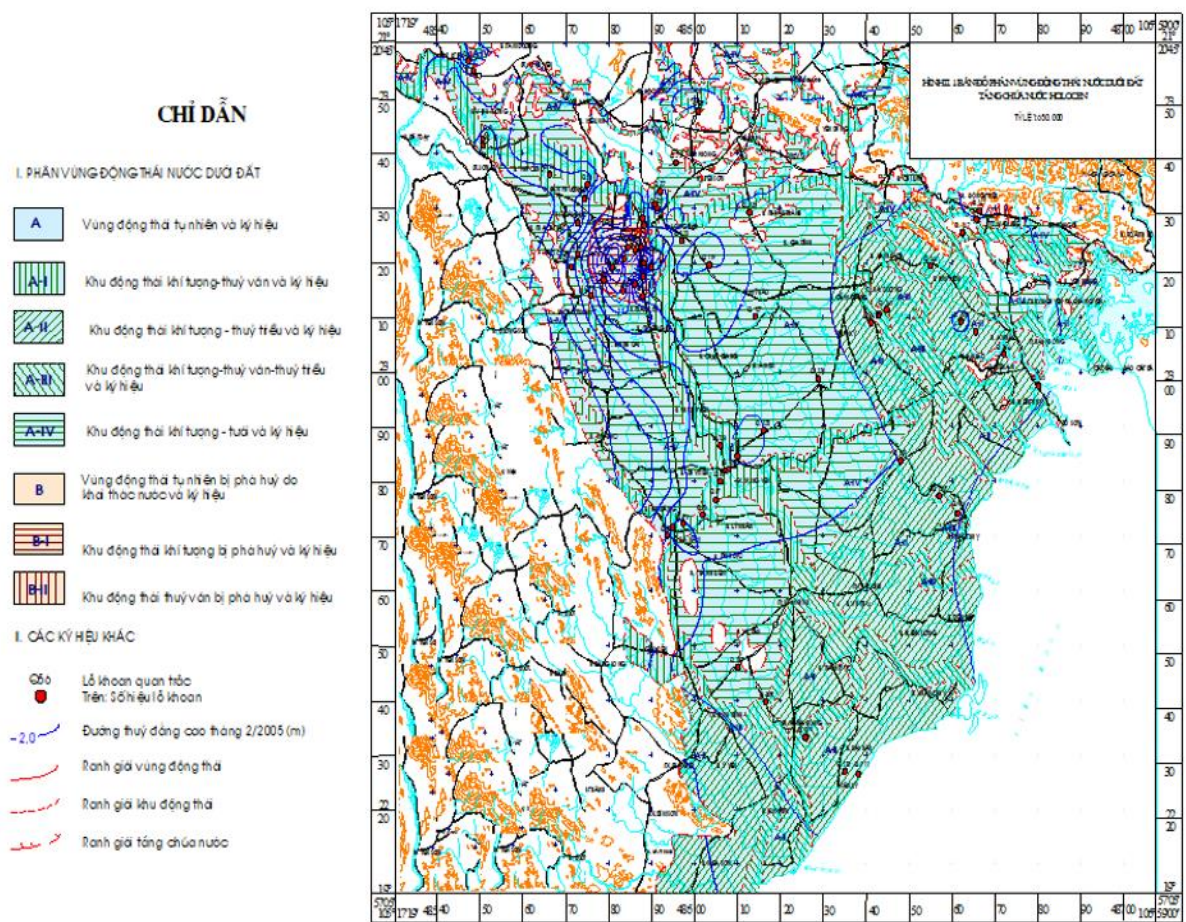
###### ***+ Phụ vùng động thái khí hậu:***

ĐBSH có phần lớn diện tích nằm trong phụ vùng động thái khí hậu (trừ những vùng ven các sông lớn và ven biển). Vùng này có dao động mực nước theo chu kỳ

năm. Mực nước dưới đất trong cả phụ vùng bắt đầu dâng cao từ cuối tháng III (mực nước cực tiểu) với tốc độ trung bình 0,1 - 0,25m/tháng và hạ thấp vào cuối tháng VIII đầu tháng IX (mực nước cực đại), hạ thấp nhanh vào tháng X và chậm dần đến tháng III năm sau.

+ *Phụ vùng động thái khí hậu - thủy văn:*

Phụ vùng này phân bố chủ yếu ven sông Hồng, sông Đuống và sông Thái Bình. Dao động mực nước có chu kỳ năm, mực nước đạt cực tiểu vào tháng III và cực đại vào tháng VIII. Trong thời kỳ nước dâng, tùy theo các đợt lũ mà thường có một cực đại phụ vào tháng V và cực tiểu phụ vào tháng VI. Ở vùng này, giữa biên độ dao động mực nước dưới đất và nước sông thường có quan hệ tuyến tính.



Hình 2.8. Bản đồ phân vùng động thái nước dưới đất tầng chứa nước Holocen (qh)  
(Nguồn: Phạm Quý Nhân, 2014)

+ *Phụ vùng động thái khí hậu - thủy triều:*

Phân bố ở các vùng cửa sông lớn, từ ranh giới ảnh hưởng triều ra biển và các vùng ven biển. Ở đây, động thái nước dưới đất không những bị chi phối bởi điều kiện khí hậu, thủy văn mà còn bởi cả các hoạt động của biển. Sự dao động mực nước dưới đất, ngoài chu kỳ năm còn có chu kỳ ngày, nửa tháng. Trong một ngày mực nước có

một cực đại và một cực tiểu và trong nửa tháng cũng có một cực đại và một cực tiểu. Biên độ dao động ngày và nửa tháng, giảm dần theo chiều xa sông và từ biển vào đất liền.

### **2.3.3.2. Đặc điểm động thái nước có áp tầng chứa nước Pleistocen (qp).**

Tầng chứa nước Pleistocen (qp) phân bố rộng khắp đồng bằng và bị phủ kín bởi tầng chứa nước Holocen nằm ngay bên trên cũng như các lớp cách nước. TCN này có xu hướng chìm sâu dần về phía biển nên xét về mặt cấu trúc địa chất, nó không chịu ảnh hưởng của các yếu tố khí tượng, thủy văn. Tuy nhiên thực tế từ số liệu quan trắc ở nhiều cụm lỗ khoan đã cho thấy mực nước tầng qp dao động đồng pha với mực nước tầng qh và với sông Hồng cũng như có mối tương quan rất chặt với lượng mưa. Tầng chứa nước qp đã được khai thác ở nhiều nơi. Tại những khu khai thác, động thái tự nhiên bị phá huỷ. Dựa vào các nhân tố cơ bản hình thành động thái của nước tầng qp có thể chia ra hai vùng: động thái tự nhiên và bị phá huỷ (Hình 2.9).

#### *a. Vùng động thái bị phá huỷ.*

Việc khai thác nước tập trung ở Hà Nội, Hà Đông, Sơn Tây, Vĩnh Yên, Phúc Yên - Xuân Hòa, Bắc Ninh, Hưng Yên đã phá huỷ động thái tự nhiên của NĐĐ tầng qp, nhất là ở khu vực Hà Nội, nơi có nhiều bãi giếng khai thác nước hoạt động như Ngọc Hà, Yên Phụ, Bách Khoa, Bạch Mai, Kim Liên, Trung Tự, Giảng Võ, Tương Mai, Pháp Vân... Mực nước dao động phức tạp, tùy thuộc vào chế độ và công suất khai thác dẫn đến sự thay đổi diện tích phễu hạ thấp mực nước cũng như độ cao mực nước, phễu hạ thấp mực nước lan rộng với diện tích 254km<sup>2</sup>.

#### *b. Vùng động thái tự nhiên.*

Vùng động thái tự nhiên chia bốn phụ vùng: động thái khí hậu, động thái khí hậu - thủy văn, động thái miền áp lực và động thái miền áp lực chịu ảnh hưởng thủy triều.

##### *+ Phụ vùng động thái khí hậu:*

Chiếm diện tích khá rộng, bao gồm toàn bộ phần Tây Bắc đồng bằng, từ Hà Nội trở lên (trừ vùng ven sông). Trong một năm thủy văn, mực nước có một cực đại và một cực tiểu (tháng III năm trước đến tháng III năm sau). Do lớp sét ngăn cách phía trên thấm nước yếu nên giữa độ cao mực nước và lượng mưa trung bình tháng có mối tương quan khá chặt.

##### *+ Phụ vùng động thái khí hậu - thủy văn:*

Khoảnh này phân bố ven sông Hồng, đoạn từ Hà Nội đến Việt Trì. Mực nước dao động theo mùa, có một cực đại vào tháng VIII và một cực tiểu vào tháng III. Nhưng khác với kiểu động thái khí hậu, mực nước biến đổi không điều hoà, vào mùa



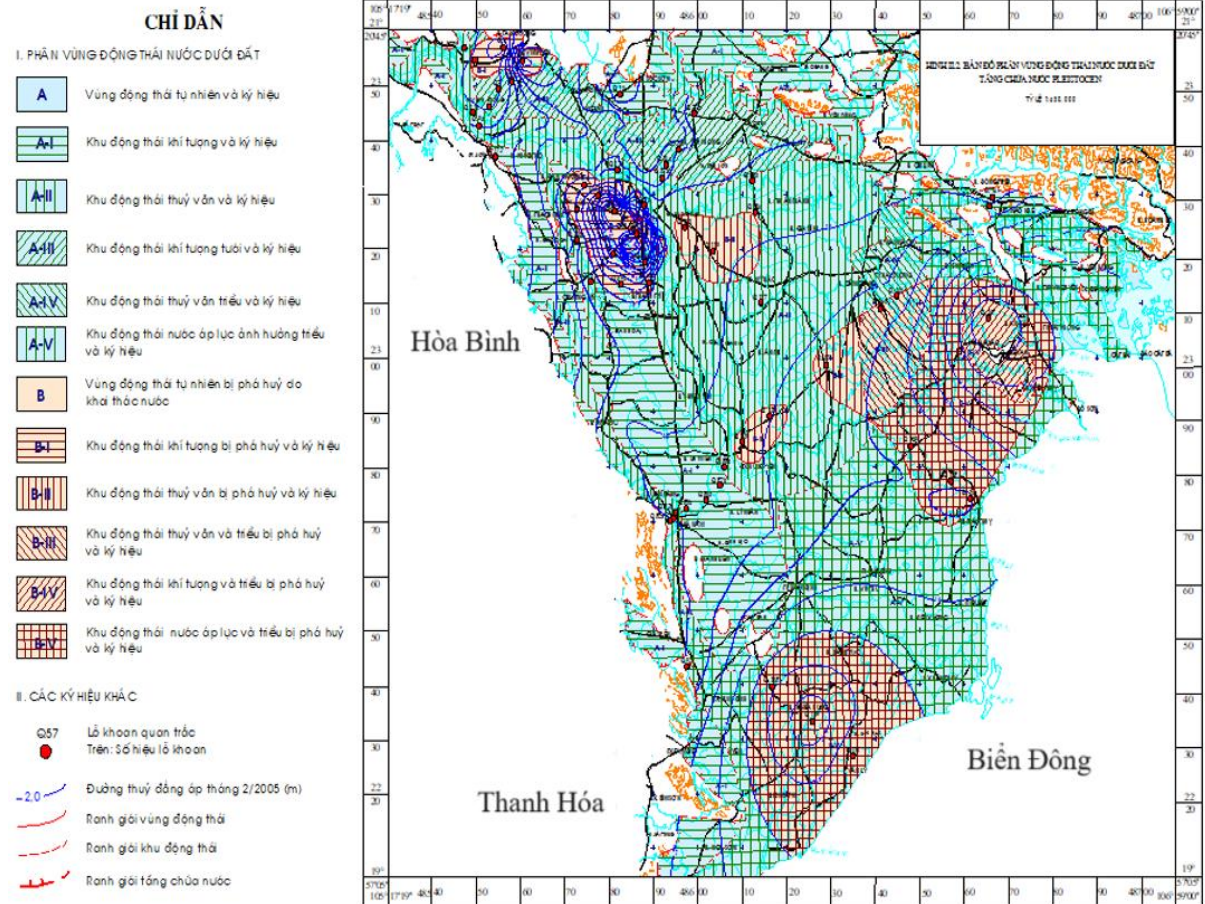
mưa, sự dâng cao và hạ thấp mực nước còn bị chi phối bởi sự dâng cao và hạ thấp của mực nước sông.

+ *Phụ vùng động thái miền áp lực*

Phụ vùng này phân bố từ Hà Nội về phía Đông Nam, trừ vùng ven biển Hải Phòng, Thái Bình, Nam Định và Ninh Bình. Mực áp lực dao động theo mùa, biên độ dao động không lớn. Gradient áp lực rất nhỏ. Áp lực nước vùng này thường cao hơn mực nước dưới đất tầng qh, chúng tỏ nước của tầng qp có thể thoát đi bằng con đường thấm thẳng đứng lên tầng qh rồi từ đó bốc hơi từ trên mặt.

+ *Phụ vùng động thái miền áp lực chịu ảnh hưởng thủy triều*

Ở các vùng ven biển Hải Phòng, Thái Bình, Nam Định và Ninh Bình, động thái nước có áp chịu sự ảnh hưởng của triều. Ngoài sự dao động mực nước thông thường theo mùa còn có sự dao động mực nước theo ngày, nửa tháng. Biên độ dao động mực nước giảm dần theo hướng vào lục địa.



Hình 2.9. Bản đồ phân vùng động thái nước dưới đất tầng chứa nước Pleistocen, qp (Nguồn: Phạm Quý Nhân, 2014)

## 2.4. KẾT LUẬN CHƯƠNG 2

ĐBSH có các thành tạo Đệ tứ: i) Pleistocen gồm hệ tầng Lê Chi, Hà Nội, Vĩnh Phúc với các cấu trúc hạt thô gồm cuội, sỏi, sạn ở phía dưới, chuyển tiếp lên là cát hạt thô đến cát hạt mịn và phần trên cùng thường là sét, bột sét; ii) Holocen gồm hệ tầng Hải Hưng, Thái Bình với thành phần cát hạt trung đến hạt mịn nguồn gốc aluvi và các thành phần sét, bột sét chủ yếu có nguồn gốc biển, hồ, đầm lầy.

Địa hình ĐBSH đặc trưng bởi các địa hình cao thấp khác nhau, từ dưới 1m ở ven biển cho đến các bậc thềm cao 7 - 8m đến 15m, đồi núi sót từ 50m đến 100m ở giữa đồng bằng và những dãy núi cao đến 900m phía rìa Bắc, Tây Bắc. Bề mặt địa hình bị chia cắt thành nhiều ô đặc trưng bởi hệ thống đứt gãy Tây Bắc - Đông Nam (có tính khống chế, phân chia ĐBSH thành các đới có chế độ hoạt động kiến tạo khác nhau) và các hệ thống đứt gãy phương Đông Bắc - Tây Nam, đứt gãy phương á kinh tuyến (đóng vai trò phân bậc, chia cắt đồng bằng).

ĐBSH có 2 TCN trầm tích Đệ tứ: i) TCN Holocen có tuổi trẻ nhất, phân bố rộng rãi từ Hà Nội ra biển còn từ Hà Nội ngược về đỉnh đồng bằng, TCN này chỉ tồn tại dạng dải ven sông. TCN được cấu thành từ các trầm tích hạt thô của hệ tầng Thái Bình và phần trên của hệ tầng Hải Hưng. Thành phần thạch học của tầng chứa nước Holocen chủ yếu là cát từ mịn đến thô, ở đáy tầng có lẫn sạn sỏi và ít cuội nhỏ; ii) TCN Pleistocen phân bố rộng khắp đồng bằng, lộ ra chủ yếu ở Vĩnh Phúc, Hà Nội còn đa phần bị phủ bởi các trầm tích Holocen trẻ hơn. TCN được cấu thành từ các trầm tích hạt thô của hệ tầng Lê Chi, hệ tầng Hà Nội và hệ tầng Vĩnh Phúc, trong đó các trầm tích hạt thô của hệ tầng Hà Nội và Vĩnh Phúc là các trầm tích chứa nước tốt. Nằm xen kẽ với các TCN Đệ tứ, là các trầm tích thấm nước yếu tuổi Holocen sớm giữa hệ tầng Hải Hưng ( $Q_2^{1-2}$  hh) và các trầm tích cách nước Pleistocen muộn hệ tầng Vĩnh Phúc ( $Q_1^3$  vp).

Động thái TCN Holocen và TCN Pleistocen có thể chia ra hai vùng: động thái tự nhiên và động thái bị phá huỷ. Vùng động thái tự nhiên của TCN Holocen gồm 3 phụ vùng: khí hậu, khí hậu - thủy văn và khí hậu - thủy triều còn vùng động thái tự nhiên của TCN Pleistocen gồm 3 phụ vùng: khí hậu, khí hậu - thủy văn, miền áp lực và miền áp lực chịu ảnh hưởng thủy triều.

## CHƯƠNG 3. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 3.1. DỮ LIỆU NGHIÊN CỨU

#### 3.1.1. Dữ liệu thu thập phục vụ phân vùng tiềm năng bổ cập nước dưới đất

Để phân tích và đánh giá sự thay đổi lượng mưa, NCS xây dựng CSDL lượng mưa từ các trạm quan trắc khí tượng trong khu vực.

Bảng 3.1. Dữ liệu mưa tại các trạm quan trắc

TT	Tên trạm	Tọa độ		Lượng mưa (mm)				
		Kinh độ	Vĩ độ	2015	2016	2017	2018	2019
1	Láng, Hà Nội	105.8500	21.0167	1.520,0	1.631,1	1.858,8	1.694,9	1.311,4
2	Nam Định	106.1667	20.4333	1349,7	1612,3	2318,3	1800	1265
3	Ninh Bình	105.9833	20.2667	1471,2	1832	1947,9	1945,9	1376,8
4	Bắc Ninh	106.0500	21.2000	2159,6	1922,6	1998,1	2106,3	1632,4
5	Thái Bình	105.8500	21.0167	1545,6	1513,2	1279,2	1485,8	1412,4
6	Vĩnh Yên, Vĩnh Phúc	105.6333	21.4500	1559,1	2307,2	1664	1766,5	1371,5
7	Tam Đảo, Vĩnh Phúc	105.6000	21.3000	2391,8	2453,3	2931	2788,1	2794,7
8	Phù Liễn, Hải Phòng	106.6333	20.8000	1591,3	2116,2	1963,8	2043,8	1343,9

CSDL về ảnh viễn thám được xây dựng 52ian để phân loại lớp phủ bề mặt - sử dụng đất gồm có ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI (độ phân giải không gian 30m), Sentinel-2 (độ phân giải không gian 10m) và từ Trung tâm Nghiên cứu Quan sát Trái đất (Earth Observation Research Center - EORC), thuộc Cơ quan thăm dò hàng không

vũ trụ Nhật Bản (Japan Aerospace Exploration Agency - JAXA). Dữ liệu được cung cấp miễn phí tại địa chỉ [https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/lulc/lulc\\_index.htm](https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/lulc/lulc_index.htm).

CSDL mô hình số độ cao SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) có độ phân giải 1arc (tương đương 30m), bản đồ địa hình nền tỉ lệ 1:50.000 được sử dụng để thành lập các lớp dữ liệu về độ dốc, mật độ sông suối, địa mạo.

CSDL về bản đồ trầm tích Đệ tứ của Trần Nghi, Ngô Quang Toàn (1991), Vũ Nhật Thăng (1996), Doãn Đình Lâm (2003) được sử dụng để xây dựng lớp dữ liệu về trầm tích Đệ tứ và đá gốc.

CSDL về độ sâu mực nước dưới đất đo đạc thực địa vào tháng 03/2021 được sử dụng để xây dựng lớp dữ liệu mực nước dưới đất.

CSDL về lớp thổ nhưỡng FAO được sử dụng để thành lập lớp dữ liệu về loại đất.

Bảng 3.2. Dữ liệu viễn thám sử dụng

Loại ảnh	Độ phân giải	Thời gian	Ứng dụng
STRM	30m	2018-2021	Các mô hình kỹ thuật số bề mặt
Multi-temporal Landsat 8 OLI Surface Reflectance Tier 1	30m	2018-2021	Dữ liệu nước bề mặt, phân loại lớp phủ và thay đổi sử dụng đất.

Bảng 3.3. Quy đổi gần đúng độ phân giải không gian sang tỉ lệ bản đồ (Nguồn: W.Tobler, 1987)

Tỷ lệ bản đồ	Kích thước có thể phân biệt được (m)	Độ phân giải ảnh Raster (m)
1:1000	1	0.5
1:5000	5	2.5
1:10000	10	5
1:50000	50	25
1:100000	100	50
1:250000	250	125
1:500000	500	250
1:1000000	1000	500

### 3.1.2. Dữ liệu kết quả phân tích mẫu đồng vị

Luận án đã sử dụng các nguồn tài liệu, số liệu, kết quả phân tích thí nghiệm hiện trường do chính NCS và các cộng sự trực tiếp tiến hành trong khu vực nghiên cứu vào mùa khô năm 2021 (từ 09/03/2021 đến 15/04/2021) phục vụ cho đề tài luận án trong khuôn khổ Dự án NUFIC giai đoạn 3, Dự án OKP giai đoạn 2 do Hà Lan tài trợ (xem Bảng 3.4)

Bảng 3.4. Thống kê khối lượng công tác trong quá trình thực hiện luận án

TT	Dạng công tác	Đơn vị	Khối lượng
1	Lấy và phân tích mẫu thành phần hóa học	Mẫu	128
2	Lấy và phân tích mẫu đồng vị bền $^2\text{H}$ và $^{18}\text{O}$	Mẫu	
	Nước dưới đất		128
	Nước mặt		30
	Nước mưa		72
3	Lấy và phân tích mẫu đồng vị phóng xạ $^3\text{H}$ nước dưới đất	Mẫu	16
4	Quan trắc mực nước dưới đất	Điểm	128
5	Ảnh viễn thám STRM (2018,2021)	Mảnh	5
6	Ảnh viễn thám Landsat 8 _ OLI (2018,2021)	Mảnh	5

Tọa độ, vị trí và tên hệ thống sông, kênh và kết quả phân tích mẫu đồng vị phục vụ phân vùng tiềm năng bổ cập nước dưới đất được thể hiện trong PHỤ LỤC 1, PHỤ LỤC 3.

Tọa độ vị trí các lỗ khoan quan trắc NĐĐ, tầng chứa nước quan trắc, vị trí bố trí các ống lọc trong lỗ khoan và loại mẫu đồng vị bền, đồng vị phóng xạ và kết quả phân tích được thể hiện trong PHỤ LỤC 1, PHỤ LỤC 4.

### 3.1.3. Dữ liệu sân cân bằng tính bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất

Sân cân bằng Thọ An - Đan Phượng nằm trong phạm vi ĐBSH được xây dựng và quan trắc bắt đầu từ năm 2000, do Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Bắc thực hiện.

### 3.1.4. Dữ liệu đầu vào cho mô hình MODFLOW xác định vai trò cung cấp thấm

#### 3.1.4.1. Thiết kế lưới cho mô hình

Diện tích lập mô hình là 12290 km<sup>2</sup> được nới rộng ra so với mô hình cũ nhằm mục đích mở rộng biên ở phía Đông tầng chứa nước Pleistocen. Theo một số kết quả điều tra cho thấy phía Đông của vùng ĐBSH, tầng chứa nước Pleistocen mở rộng ra

về phía biên chứ không bị giới hạn bởi đường bờ biển do đó việc mở rộng mô hình là cần thiết.

#### **3.1.4.2. Dữ liệu về bề mặt địa hình**

Trên mô hình, bề mặt địa hình được xây dựng dựa trên các điểm độ cao của bản đồ địa hình tỷ lệ 1:50.000 và các điểm cao độ của các giếng quan trắc và các giếng thăm dò được điều tra trước đây.

#### **3.1.4.3. Dữ liệu về phân tầng địa chất thủy văn**

Dữ liệu được sử dụng để phân chia các lớp của mô hình bao gồm các lỗ khoan điều tra giai đoạn trước, cập nhật các số liệu điều tra từ Đề án Bảo vệ NDD các đô thị lớn (Triệu Đức Huy, 2019).

Dữ liệu được sử dụng để phân chia các lớp của mô hình bao gồm 09 LK thuộc dự án đô thị Hà Nội, 04 LK thuộc dự án đô thị Hải Dương, 15 LK thuộc mạng quan trắc Hưng Yên, 10 LK thuộc mạng quan trắc Nam Định, 13 LK thuộc đề án Neogen. Ngoài ra còn bao gồm địa tầng các giếng khai thác trong khu vực Hà Nội). Tổng số LK đưa vào nội suy địa tầng 728 LK.

Hệ số thấm của các TCN được thu thập và phân tích từ các số liệu điều tra ĐCTV trong các giai đoạn trước. Hệ số thấm sẽ được hiệu chỉnh lại trong quá trình chỉnh lý mô hình thông qua các tài liệu quan trắc mực nước thực tế.

#### **3.1.4.4. Dữ liệu về các điều kiện biên cho mô hình dòng chảy**

- Biên bổ cập (RECHARGE) - biên loại II: Việc phân chia các mức độ bổ cập theo lượng mưa được phân chia theo kết quả mục 4.3.

- Biên tổng hợp (GHB) - biên loại III: Biên tổng hợp được lấy đối với sông Hồng, sông Đáy, sông Cà Lồ, Hồ Tây trên vùng nghiên cứu đối tầng chứa nước qh và tầng chứa nước qp. Trong đó mực nước tại sông Hồng dựa vào tài liệu thu thập tại trạm PSH2, PSH3, PSH4, QSH1 từ năm 1995 đến 2018.

- Biên bốc hơi (Evapo) - biên loại II: Lượng bốc hơi được lấy theo số liệu bốc hơi của các trạm khí tượng thủy văn vùng ĐBSH từ năm 2005 đến năm 2018.

- Biên đá gốc bổ cập cho nước dưới đất ( $Q = \text{const}$ ) - biên loại I: đối với biên đá gốc được mô phỏng bằng hệ thống các lỗ khoan ép nước dọc biên. Đối với phần đá gốc ven rìa phía Tây Nam thành phố Hà Nội được xác định trong khoảng từ 19815 đến 20349m<sup>3</sup>/ngày, trung bình 19860m<sup>3</sup>/ngày. Trong đó cấp qua biên TCN qh từ 9063m<sup>3</sup>/ngày đến 9867m<sup>3</sup>/ngày, trung bình 9800m<sup>3</sup>/ngày; cung cấp qua biên TCN qp với lưu lượng từ 9948m<sup>3</sup>/ngày đến 11287m<sup>3</sup>/ngày, trung bình 10060m<sup>3</sup>/ngày (Triệu Đức Huy, 2021). Đối với các biên đá gốc khác đoạn từ Hà Nam - Ninh Bình chưa có nghiên cứu cụ thể do đó ở đây sẽ gán các LK ép nước cho cả hai tầng chứa nước qh,

qp và thử dần lưu lượng và trên cơ sở kết quả chỉnh lý xác định được lượng bổ cập của rìa đá gốc cho nước dưới đất.

#### **3.1.4.5. Dữ liệu về hiện trạng khai thác nước dưới đất**

Đối với số liệu khai thác nước dưới đất bổ sung hiện trạng khai thác từ năm 2005 đến năm 2018 dựa trên cơ sở các nguồn dữ liệu như sau (Triệu Đức Huy, 2019):

- TP. Hà Nội dựa trên số liệu điều tra của dự án đô thị Hà Nội, trong đó lưu lượng khai thác NMN khoảng  $670931\text{m}^3/\text{ngày}$ , khai thác lẻ là  $124.180\text{m}^3/\text{ngày}$ .

- Vĩnh Phúc: dựa trên báo cáo “Quy hoạch và phân bổ và bảo vệ tài nguyên nước dưới đất trên địa bàn 7 huyện, thành phố: Yên Lạc, Vĩnh Tường, Tam Dương, Lập Thạch, sông Lô và thành phố Vĩnh Yên giai đoạn 2011 - 2020 và định hướng đến năm 2030”, tổng công suất theo thiết kế là  $54600\text{m}^3/\text{ngày}$  và lưu lượng khai thác hiện nay là  $25900\text{m}^3/\text{ngày}$  đêm. Đối với hiện trạng khai thác nước nông thôn theo thống kê năm 2013 tổng công suất khai thác ước tính  $52361\text{m}^3/\text{ngày}$ . Hiện trạng khai thác nước tại các trạm tập trung ở nông thôn chỉ vào khoảng  $1961\text{m}^3/\text{ngày}$ .

- Hưng Yên: theo tài liệu cấp phép của cục Quản lý tài nguyên nước và STNMT tỉnh, lưu lượng khai thác của các giếng tập trung khu công nghiệp là  $116490\text{m}^3/\text{ngày}$  và các giếng nhỏ lẻ vào khoảng  $7800\text{m}^3/\text{ngày}$ .

- Bắc Ninh: tổng công suất khai thác nước tập trung do BTNMT cấp phép là  $42000\text{m}^3/\text{ngày}$  và giếng khai thác lẻ do STNMT cấp phép là  $55118\text{m}^3/\text{ngày}$ .

- Hải Dương: theo thống kê, các đơn vị sản xuất có công suất  $< 3000\text{m}^3/\text{ngày}$  (STNMT cấp phép) thì tổng công suất là  $7176\text{m}^3/\text{ngày}$ , các đơn vị có công suất khai thác  $\geq 3000\text{m}^3/\text{ngày}$  (BTNMT cấp phép) thì tổng công suất là  $18200\text{m}^3/\text{ngày}$ . Hiện trạng khai thác của các hộ dân chưa có con số chính xác, vào khoảng  $82459\text{m}^3/\text{ngày}$  (Đoàn Văn Cảnh, 2015).

- Hà Nam: theo thống kê mới chỉ có 10 công ty đã cấp phép khai thác sử dụng nước dưới đất chủ yếu trong tầng chứa Holocen, Pleistocen và tầng đá vôi Đồng Giao. Tổng lưu lượng  $5508\text{m}^3/\text{ngày}$ . Hiện trạng khai thác hộ dân chưa có con số chính xác, vào khoảng  $30000\text{m}^3/\text{ngày}$ .

- Hải Phòng: chưa có con số thống kê chính xác, tuy nhiên theo một số báo cáo thì lưu lượng khai thác của tỉnh vào khoảng  $34000\text{m}^3/\text{ngày}$ .

- Thái Bình: chưa có con số thống kê chính xác, tuy nhiên theo kết quả điều tra của 55 khu công nghiệp thì tổng công suất khai thác là  $9546\text{m}^3/\text{ngày}$ , hiện trạng khai thác của các hộ dân chưa có thống kê chính xác, theo một số báo cáo khác thì lưu lượng khai thác của tỉnh vào khoảng  $49000\text{m}^3/\text{ngày}$ .

- Nam Định: phần lớn là khai thác hộ gia đình, tuy nhiên chưa có con số thống kê chính xác, theo một số báo cáo thì tổng lưu lượng khai thác vào khoảng

95.000m<sup>3</sup>/ngày, theo số liệu thống kê và khảo sát của dự án IGPVN năm 2011 thì lưu lượng khai thác vào khoảng 120000m<sup>3</sup>/ngày.

### 3.2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Ngoài phương pháp thu thập tài liệu, phương pháp kế thừa, NCS sử dụng các phương pháp chính sau:

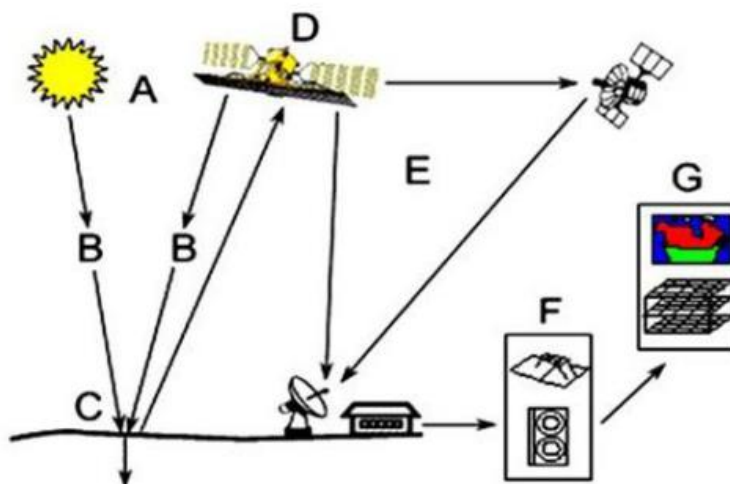
#### 3.2.1. Phương pháp viễn thám

##### 3.2.1.1. Khái niệm

Viễn thám là khoa học thu nhận từ xa các thông tin về các đối tượng, hiện tượng trên Trái đất thông qua đặc trưng riêng về phản xạ, bức xạ sóng điện từ.

##### 3.2.1.2. Nguyên lý viễn thám

Ánh sáng là sóng điện từ có các bước sóng và năng lượng khác nhau. Sóng điện từ này được phản xạ hoặc bức xạ từ các đối tượng trên bề mặt Trái đất và được thu bởi các máy ảnh, sensor gắn trên vệ tinh hoặc máy bay.



Hình 3.1. Nguyên lý hoạt động của viễn thám (Nguồn: CCRS, 2021)

Quá trình viễn thám (Hình 3.1) gồm:

Nguồn năng lượng (A): sử dụng năng lượng tự nhiên (mặt trời) hoặc nguồn năng lượng nhân tạo (do con người tạo ra) để cung cấp năng lượng điện từ tới các đối tượng trên bề mặt Trái đất.

Tương tác giữa sóng điện từ và khí quyển (B): năng lượng tự nhiên hay nhân tạo sẽ đi qua và tương tác với khí quyển theo cả chiều truyền đến đối tượng và chiều phản xạ từ đối tượng trước khi được thu nhận bởi bộ cảm biến. Khi tương tác với khí quyển, sóng điện từ có thể bị tán xạ, hấp thụ hoặc truyền qua.

Tương tác giữa sóng điện từ và đối tượng I: ánh sáng sau khi tương tác với khí quyển sẽ gặp đối tượng. Tùy vào cấu trúc vật chất, bề mặt của đối tượng và sóng điện



từ mà năng lượng phản xạ lại sẽ khác nhau. Ngoài ra, sóng điện từ có thể bị hấp thụ và truyền qua một phần năng lượng bởi vật thể.

Bộ cảm biến (D): sau khi năng lượng bị tán xạ hoặc phát xạ từ đối tượng sẽ được thu bởi bộ cảm biến có khả năng thu nhận năng lượng của sóng điện từ.

Truyền tải và thu nhận I: năng lượng sóng điện từ ghi nhận bằng bộ cảm biến sẽ truyền đến trạm thu dưới tín hiệu điện và được chuyển thành dạng ảnh số.

Giải đoán và phân tích ảnh (F): ảnh sau khi xử lý ở trạm thu sẽ được giải đoán bằng mắt hoặc phân tích, nhận dạng bằng máy tính các thông tin của đối tượng.

Ứng dụng (G): Ảnh sau khi nhận dạng, phân tích sẽ được cung cấp cho người sử dụng tùy theo mục đích và yêu cầu.

### **3.2.2. Phương pháp phân tích không gian trong GIS**

#### **3.2.2.1. Khái niệm**

Hệ thống Thông tin Địa lý (GIS) là một hệ thống thông tin gồm 5 hợp phần là người sử dụng, phần mềm, phần cứng, phương pháp và dữ liệu địa lý được sử dụng để thu nhận, lưu trữ, phân tích, cập nhật dữ liệu có liên quan về mặt địa lý không gian từ thế giới thực nhằm giải quyết các vấn đề theo mục đích của người sử dụng.

#### **3.2.2.2. Cấu trúc cơ sở dữ liệu trong GIS**

Một hệ thống GIS có hai loại dữ liệu cơ bản là dữ liệu không gian (bản đồ số) và dữ liệu phi không gian (dữ liệu thuộc tính). Trong dữ liệu không gian, bản đồ số được mô tả dưới dạng raster hoặc vector. Ngoài ra, dữ liệu GIS còn lưu trữ về dữ liệu số độ cao dưới dạng DEM (mô hình số độ cao, hệ thống lưới ô vuông quy chuẩn) hay TIN (Triangle Irregular Network, một lưới tam giác không đều)

Trong lưu trữ dữ liệu Raster, điểm, đường và vùng trong bản đồ số, hình ảnh... được thể hiện dưới dạng các lưới ô vuông tiêu chuẩn (hay gọi là pixel), được sắp xếp theo hàng và cột. Trong dữ liệu Vector, điểm thể hiện cho đối tượng không cần thể hiện về chiều dài và chiều rộng, đường là nối của hai hay nhiều điểm theo hướng xác định, các đường giao nhau tại điểm nút và vùng là tập hợp của các đường khép kín.

Dữ liệu thuộc tính được sử dụng để miêu tả tính chất, đặc điểm, mối quan hệ giữa các đối tượng không gian ứng với dữ liệu về địa lý của chúng.

#### **3.2.2.3. Khả năng phân tích không gian trong GIS**

##### *a. Khả năng phân tích bản đồ (Map Overlaying)*

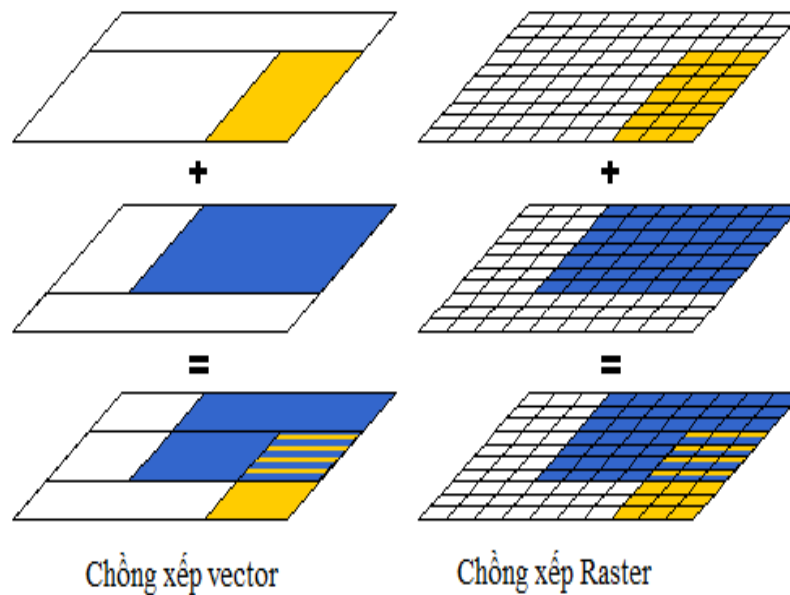
Trong phân tích bản đồ, việc sử dụng chức năng Map Overlay (chồng xếp bản đồ) sẽ giúp cho người sử dụng xây dựng một bản đồ mới có những đặc điểm, tính chất, hình thái khác với bản đồ ban đầu. Map Overlay rất hữu dụng trong việc xác định trọng số, tính toán biến động....

##### *b. Khả năng phân loại lại các thuộc tính (Reclassification)*

Khi sử dụng chức năng Reclassification (phân loại lại) sẽ giúp cho người sử dụng phân nhóm các đối tượng trên bản đồ sau khi phân tích và định dạng thuộc tính của các đối tượng. Quá trình phân loại lại này sẽ tạo ra một bản đồ có giá trị thuộc tính mới dựa vào các thuộc tính của bản đồ trước khi phân loại.

*c. Khả năng phân tích không gian (spatial analysis)*

Chức năng Spatial analysis (phân tích không gian) cho phép người sử dụng tiến hành tìm kiếm (Searching), tạo vùng đệm (Buffer zone), nội suy (Spatial Interpolation)... theo một hoặc nhiều đặc điểm của đối tượng đang xem xét.



Hình 3.2. Nguyên lý phân tích không gian bằng bản đồ (Nguồn: CCRS, 2021)

### 3.2.3. Phương pháp chuyên gia

Phương pháp chuyên gia là phương pháp điều tra qua đánh giá của các chuyên gia về vấn đề thực tiễn hay về một sự kiện khoa học nào đó. Đây là phương pháp sử dụng trí tuệ, khai thác ý kiến đánh giá của các chuyên gia có trình độ, kinh nghiệm để xem xét, nhận định một vấn đề, một sự kiện khoa học...

Phương pháp chuyên gia được sử dụng để làm cơ sở khoa học xác định các yếu tố ảnh hưởng đến bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất, từ đó, áp dụng phương pháp AHP để xây dựng trọng số ảnh hưởng và mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố được tham vấn đến lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất.

*Bước 1: Lựa chọn phương pháp đánh giá mức độ ảnh hưởng: phương pháp AHP*

*Bước 2: Thiết kế phiếu tham vấn về các yếu tố ảnh hưởng đến bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất (PHỤ LỤC 7)*

*Bước 3: Lựa chọn đối tượng tham vấn và phát phiếu tham vấn*

*Bước 4: Tổng hợp thống kê và xác định các trọng số các yếu tố theo phương pháp AHP*

*Bước 5: Ấn định trọng số cho các yếu tố ảnh hưởng*

Trong phương pháp chuyên gia, NCS đã thực hiện điều tra ý kiến của chuyên gia bằng bảng hỏi. Dựa vào các đặc tính thấm của đất, các yếu tố ảnh hưởng đến đặc tính thấm của đất, các nghiên cứu trước đây về đặc tính thấm của đất, đặc điểm khí hậu, đặc điểm địa chất, địa hình, địa mạo của ĐBSH và tham khảo ý kiến các chuyên gia, NCS đã xây dựng bảng câu hỏi về mức độ quan trọng của các yếu tố ảnh hưởng cũng như từng đặc tính, chỉ số của mỗi yếu tố ảnh hưởng tác động đến lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất.

### **3.2.4. Phương pháp phân tích thứ bậc (Analytic Hierarchy Process - AHP)**

Analytic Hierarchy Process (AHP) (T.L. Saaty, 1980) là tiến trình phân tích thứ bậc giúp xác định và phân tích dữ liệu theo các tiêu chí gồm cả yếu tố khách quan và chủ quan rồi tiến hành lượng hóa các tiêu chí này từ đó giúp cho việc ra quyết định đối với vấn đề đang xem xét được nhanh và chính xác hơn.

Theo phương pháp này, người thực hiện sẽ tham khảo ý kiến của các chuyên gia và thành lập một bảng trọng số các tiêu chí gồm cả ý kiến chủ quan và khách quan, phân cấp các yếu tố ảnh hưởng, tác động đến vấn đề cần xem xét và đưa ra quyết định để lựa chọn một phương án phù hợp nhất. Phương pháp AHP gồm các bước cơ bản sau:

*Bước 1: Tham khảo ý kiến chuyên gia, xác định các yếu tố ảnh hưởng cũng như tầm quan trọng của chúng đến bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất vùng nghiên cứu.*

Xây dựng bảng các yếu tố ảnh hưởng đến bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất như địa chất, địa hình, đặc điểm tầng chứa nước... Sau đó thực hiện phân tích, sắp xếp, phân loại theo mức độ quan trọng từ thấp đến cao của các tiêu chí yếu tố.

*Bước 2: Căn cứ vào thang đánh giá tầm quan trọng tương đối của Saaty, tiến hành so sánh các cặp yếu tố ảnh hưởng với nhau*

Giữa các cặp yếu tố ảnh hưởng sẽ được so sánh để xác định tầm quan trọng. Việc yếu tố này quan trọng hơn hay ảnh hưởng hơn gấp mấy lần yếu tố kia dựa vào bảng hỏi và trả lời của các chuyên gia và điểm số được cho theo Bảng 3.5.

Bảng 3.5. Thang đánh giá tầm quan trọng tương đối (Nguồn: Saaty, 1980)

Mức độ quan trọng	Khái niệm	Diễn giải
1	Tầm quan trọng ngang nhau	Hai yếu tố đóng góp như nhau vào mục tiêu
3	Quan trọng trung bình	Kinh nghiệm và chuyên gia cho ý kiến yếu tố này hơn yếu tố kia
5	Quan trọng hơn	Kinh nghiệm và chuyên gia cho ý kiến yếu tố này hơn hẳn yếu tố kia
7	Rất quan trọng	Kinh nghiệm và chuyên gia cho ý kiến yếu tố này hơn nhiều lần yếu tố kia
9	Tuyệt đối quan trọng	Kinh nghiệm và chuyên gia cho ý kiến yếu tố này có ý nghĩa quyết định so với yếu tố kia
2,4,6,8	Giá trị trung gian	Các giá trị trung gian khi cần thỏa hiệp

Sau khi so sánh các cặp yếu tố, kết quả so sánh được đưa vào một bảng so sánh (ma trận so sánh).

Bảng 3.6. Bảng so sánh thể hiện mối quan hệ giữa các yếu tố đang xét

Tiêu chí	O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>4</sub>	...	O <sub>n</sub>
O <sub>1</sub>	1	A1	A2	A3		
O <sub>2</sub>	1/A1	1	B1	B2		
O <sub>3</sub>	1/A2	1/B1	1	C1		
O <sub>4</sub>	1/A3	1/B2	1/C1	1		
...						
O <sub>n</sub>						1

Trong đó A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1, D2... là điểm số đánh giá cho bởi các chuyên gia khi tiến hành so sánh các yếu tố với nhau.

Trong bảng so sánh trên, các yếu tố sẽ được xác định quan trọng với nhau bao nhiêu lần. Mỗi cặp so sánh được xác định theo hàng và cột, phân cách bởi đường chéo mà ở đó, phân tử phía trên và phía dưới đường chéo có giá trị nghịch đảo nhau.

*Bước 3: Tính toán trọng số của các yếu tố ảnh hưởng*

+ Xác định tổng điểm của mỗi yếu tố theo cột

Bảng 3.7. Tổng điểm của các yếu tố theo cột

Tiêu chí	O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>4</sub>	...	O <sub>n</sub>
O <sub>1</sub>	1	A1	A2	A3		
O <sub>2</sub>	1/A1	1	B1	B2		
O <sub>3</sub>	1/A2	1/B1	1	C1		
O <sub>4</sub>	1/A3	1/B2	1/C1	1		
...						
O <sub>n</sub>						1
Tổng	ΣO <sub>1</sub>	ΣO <sub>2</sub>	ΣO <sub>3</sub>	ΣO <sub>4</sub>		ΣO <sub>n</sub>

+ Thực hiện chia mỗi giá trị của từng yếu tố cho tổng điểm của các yếu tố theo cột trong Bảng 3.7, sau đó tính giá trị trung bình của các yếu tố này theo hàng, đó chính là trọng số của các yếu tố.

Bảng 3.8. Xác định trọng số của các yếu tố

Tiêu chí	O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>4</sub>	O <sub>n</sub>	Trọng số
O <sub>1</sub>	W <sub>O<sub>11</sub></sub>	W <sub>O<sub>12</sub></sub>	W <sub>O<sub>13</sub></sub>	W <sub>O<sub>14</sub></sub>	W <sub>O<sub>1n</sub></sub>	Trung bình của W <sub>O<sub>11</sub></sub> đến W <sub>O<sub>1n</sub></sub>
O <sub>2</sub>	W <sub>O<sub>21</sub></sub>	W <sub>O<sub>22</sub></sub>	W <sub>O<sub>23</sub></sub>	W <sub>O<sub>24</sub></sub>	W <sub>O<sub>2n</sub></sub>	Trung bình của W <sub>O<sub>21</sub></sub> đến W <sub>O<sub>2n</sub></sub>
O <sub>3</sub>	W <sub>O<sub>31</sub></sub>	W <sub>O<sub>32</sub></sub>	W <sub>O<sub>33</sub></sub>	W <sub>O<sub>34</sub></sub>	W <sub>O<sub>3n</sub></sub>	Trung bình của W <sub>O<sub>31</sub></sub> đến W <sub>O<sub>3n</sub></sub>
O <sub>4</sub>	W <sub>O<sub>41</sub></sub>	W <sub>O<sub>42</sub></sub>	W <sub>O<sub>43</sub></sub>	W <sub>O<sub>44</sub></sub>	W <sub>O<sub>4n</sub></sub>	Trung bình của W <sub>O<sub>41</sub></sub> đến W <sub>O<sub>4n</sub></sub>
O <sub>n</sub>	W <sub>O<sub>n1</sub></sub>	W <sub>O<sub>n2</sub></sub>	W <sub>O<sub>n3</sub></sub>	W <sub>O<sub>n4</sub></sub>	W <sub>O<sub>nn</sub></sub>	Trung bình của W <sub>O<sub>n1</sub></sub> đến W <sub>O<sub>nn</sub></sub>
Tổng	1	1	1	1	1	1

*Bước 4: Xác định tỷ lệ nhất quán của các cặp yếu tố so sánh*

Theo Saaty (1980), tỷ lệ nhất quán (CR) cho biết sự đồng nhất về ý kiến và nhất quán về điểm số của các chuyên gia trong quá trình thảo luận ở bước 2.

Nếu  $CR \leq 0,1$  (10%) thì ý kiến của các chuyên gia là tương đối thống nhất, nhất quán, kết quả được chấp nhận. Ngược lại, nếu  $CR > 0,1$  (>10%) thì ý kiến của các chuyên gia còn mang phần ngẫu nhiên, thể hiện sự thiếu nhất quán, bước 2 cần được thực hiện và đánh giá lại.

Tỷ lệ nhất quán (Consistency ratio - CR) được xác định theo công thức (3.1)

$$C_R = \frac{C_I}{R_I} \quad (3.1)$$

Trong đó:  $C_I$  là chỉ số nhất quán và được xác định theo công thức (3.2)

$$C_I = \frac{\lambda_{max} - n}{1 - n} \quad (3.2)$$

Với  $n$  là số yếu tố ảnh hưởng

$\lambda_{max}$  là giá trị riêng được xác định từ bảng so sánh

$R_I$  là chỉ số ngẫu nhiên (Random Index) được cho trong (Bảng 3.9).

Bảng 3.9 . Bảng tra chỉ số  $R_I$  (Nguồn: Saaty,1980)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$R_I$	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.41	1.45	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58	1.59

Để xác định mức độ ảnh hưởng của các yếu tố, NCS thực hiện phân tích không gian trong GIS để xây dựng bản đồ tiềm năng bổ cập nước dưới đất của mỗi pixel trong khu vực theo phương trình sau:

$$GRI = RF_w RF_r + LC_w LC_r + SC_w SC_r + LG_w LG_r + GL_w GL_r + SG_w SG_r + GG_w GG_r + DS_w DS_r \quad (3.3)$$

Trong đó,  $GRI$  là chỉ số tiềm năng bổ cập nước dưới đất. Các giá trị  $GRI$  sau này được sử dụng để phân loại một khu vực là tiềm năng cao, tiềm năng trung bình, tiềm năng thấp đối với lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất.  $RF$  là chỉ số lượng mưa,  $LC$  là chỉ số lớp phủ/sử dụng đất,  $SC$  là chỉ số loại đất,  $LG$  là chỉ số trầm tích Đệ tứ và đá gốc,  $GL$  là chỉ số mực nước dưới đất,  $SG$  là chỉ số độ dốc địa hình,  $GG$  là chỉ số địa mạo và  $DS$  là chỉ số mật độ sông suối. Các chỉ số phụ 'w' đề cập đến thứ hạng ảnh hưởng của từng lớp dữ liệu đến sự bổ cập và 'r' là xếp hạng của các lớp giá trị trong mỗi lớp dữ liệu.

### 3.2.5. Phương pháp thủy văn đồng vị

#### 3.2.5.1. Đồng vị bền $^2H$ và $^{18}O$

Nước trong tự nhiên ( $H_2O$ ) được tạo thành từ nguyên tử Oxy và hai nguyên tử Hydro nên sự biến đổi hàm lượng đồng vị bền  $^2H$  và  $^{18}O$  có quan hệ mật thiết với nguồn gốc, chu trình của nước trong tự nhiên.

Thành phần đồng vị bền trong các mẫu nước được đánh giá theo đại lượng ( $\delta$ ) có đơn vị là ‰. Giá trị được xác định theo công thức:

$$\delta = \frac{R_{mẫu\ đo} - R_{mẫu\ chuẩn}}{R_{mẫu\ chuẩn}} \times 1000\text{‰} \quad (3.4)$$

Trong đó  $R_{mẫu\ đo}$  và  $R_{mẫu\ chuẩn}$  là tỷ lệ đồng vị của mẫu đo và với tỷ lệ đồng vị của mẫu chuẩn (của  $^2H/^1H$ ,  $^{18}O/^{16}O$ ). Mẫu chuẩn là mẫu nước đại dương trung bình (Vienna Standard Mean Ocean Water với  $\delta VSMOW = 0$ ) do Phòng Thủy văn đồng vị của Cơ quan Năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA) tại Vienna xây dựng, ký hiệu là VSMOW.

Thành phần đồng vị bền trong mẫu nước được biểu diễn qua giá trị  $\delta$  bằng biểu thức  $\delta^{18O}$  và  $\delta^2H$  như sau, trong đó:

$$\delta^{18O} = \frac{{}^{18}R_{mẫu}}{{}^{18}R_{(VSMOW)}} - 1 \text{ (x1000‰)} \quad (3.5)$$

$$\delta^2H = \frac{{}^2R_{mẫu}}{{}^2R_{(VSMOW)}} - 1 \text{ (x1000‰)} \quad (3.6)$$

Trong đó  $\delta^{18O}$ ,  $\delta^2H$  là thành phần đồng vị của Oxy-18 ( $^{18}O$ ) và Deuteri ( $^2H$ ) của mẫu

${}^{18}R_{mẫu}$  là tỷ số giữa Oxy-18 và Oxy-16 ( $^{18}O/^{16}O$ ) trong mẫu phân tích

${}^2R_{mẫu}$  là tỷ số giữa Deuteri và Proti ( $^2H/^1H$ ) trong mẫu phân tích

${}^{18}R_{(VSMOW)}$  là tỷ số giữa Oxy-18 và Oxy-16 ( $^{18}O/^{16}O$ ) trong mẫu chuẩn VSMOW

${}^2R_{(VSMOW)}$  là tỷ số giữa Deuteri và Proti ( $^2H/^1H$ ) trong mẫu chuẩn VSMOW

Mỗi nguồn nước khác nhau (nước mưa, nước sông, hồ, nước dưới đất...) đều có thành phần đồng vị đặc trưng. Nếu có sự pha trộn giữa các nguồn nước này thì thành phần đồng vị cũng sẽ thay đổi phù hợp với tỷ lệ pha trộn các nguồn nước.

Sự pha trộn giữa các nguồn nước đã được H. Craig (1961) nghiên cứu và xây dựng mô hình mô tả quan hệ giữa các nguồn nước theo đường nước khí tượng toàn cầu (GMWL). GMWL được xây dựng trên cơ sở phân tích thành phần đồng vị  $^{18}O$  và  $^2H$  trong nước mưa ở các vùng khác nhau trên toàn cầu, mối liên hệ giữa  $\delta^2H$  và  $\delta^{18O}$  được biểu diễn theo công thức sau :

$$\delta D = a \delta^{18O} + d \quad (3.7)$$

Khi xảy ra quá trình phân tách đồng vị xảy ra trong điều kiện cân bằng ở nhiệt độ từ 25°C đến 30°C, các hệ số trong công thức (3.7) tương ứng là 8 và 10. Khi đó công thức (3.7) có dạng :

$$\delta D = 8 \delta^{18O} + 10 \quad (3.8)$$

Đường biểu diễn mối liên hệ giữa  $\delta^2H$  và  $\delta^{18O}$  theo công thức (3.8) là đường nước khí tượng toàn cầu. Hệ số d trong công thức (3.7) được gọi là độ dư đồng vị Deuterium ( $^2H$ ). Giá trị này thay đổi theo khí hậu từng vùng : vùng lạnh, độ ẩm cao thường có giá trị d nhỏ. Vì vậy, giá trị dư d thường được sử dụng để nhận dạng nguồn bổ cập cho nước dưới đất ở các vùng có khí hậu khác nhau.

Các mẫu phân tích thành phần đồng vị bền của  $^2H$  và  $^{18}O$  ( $\delta^2H$ ,  $\delta^{18O}$ ) trong luận án được phân tích trên máy quang phổ kế Picarro, CRDS L2130-I, hoạt động dựa trên nguyên tắc của quang phổ hấp thụ (Picarro, 2016) tại Trường Đại học Tài

nguyên và Môi trường Hà Nội. Độ chính xác của phương pháp là 1,5‰ và 0,15‰ đối với  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  tương ứng.

### 3.2.5.2. Đồng vị phóng xạ $^3\text{H}$ .

Đồng vị thứ ba của Hydro là đồng vị phóng xạ Triti ( $^3\text{H}$ ), có chu kỳ bán hủy  $T = 12,43$  năm, hoạt độ Triti trong mẫu nước có đơn vị là TU (Triti Unit). 1 TU bằng 1 nguyên tử gam của Triti trong  $10^{18}$  nguyên tử gam của Hydro. Triti được ứng dụng trong ĐCTV đồng vị để xác định tuổi của nước dưới đất. Do chu kỳ bán hủy ngắn, sự có mặt của Triti trong nước dưới đất sẽ là bằng chứng của sự xâm nhập nước trẻ vào TCN.

Mối quan hệ giữa nồng độ Triti ( $^3\text{H}$ ) ban đầu ( $C_0$ ) và nồng độ Triti đo được ở thời điểm bất kỳ  $t$  ( $C_t$ ) của một mẫu nước dưới đất là hỗn hợp của nhiều loại nước khác nhau sẽ được xác định theo phương trình (3.9).

$$C(t) = \int_0^{\infty} C_0(t - \tau) e^{-\lambda\tau} f(\tau) d\tau \quad (3.9)$$

Trong đó:  $C(t)$  là hàm lượng  $^3\text{H}$  tại thời điểm lấy mẫu  $t$  (TU)

$C_0$  là hàm lượng  $^3\text{H}$  tại thời điểm ban đầu (TU)

$f(\tau)$  là hàm phân bố thời gian lưu (năm)

$\tau$  là tuổi của nước (năm)

Hàm phân bố Triti theo thời gian lưu  $f(\tau)$  cho biết trong mẫu nghiên cứu nước có tuổi  $\tau$  chiếm một phần bao nhiêu và hàm vào  $C_0(t - \tau)$  thể hiện hàm lượng triti trong NĐĐ của năm  $(t - \tau)$  và:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad (3.10)$$

Với  $\lambda$  là hằng số phân rã phóng xạ.

Hàm lượng của đồng vị phóng xạ Triti ( $^3\text{H}$ ) trong nước mưa liên quan chặt chẽ đến chế độ cung cấp nước, sự thay đổi khí hậu và các điều kiện về lớp phủ thổ nhưỡng, thực vật,...

Các mẫu trong luận án được phân tích tại Viện Khoa học và Công nghệ Hạt nhân, Hà Nội (INST) bằng phương pháp làm giàu điện phân sau khi đo hoạt độ  $^3\text{H}$  trên máy đếm nhấp nháy lỏng (LSC). Phương pháp xác định tuổi này hiện đang được IAEA khuyến nghị và INST đã nhận được sự hỗ trợ từ IAEA với hệ thống làm giàu  $^3\text{H}$  cũng như LSC trong Dự án Hợp tác Kỹ thuật VIE8.016.

### 3.2.5.3. Lấy mẫu nước mưa, nước mặt và nước dưới đất

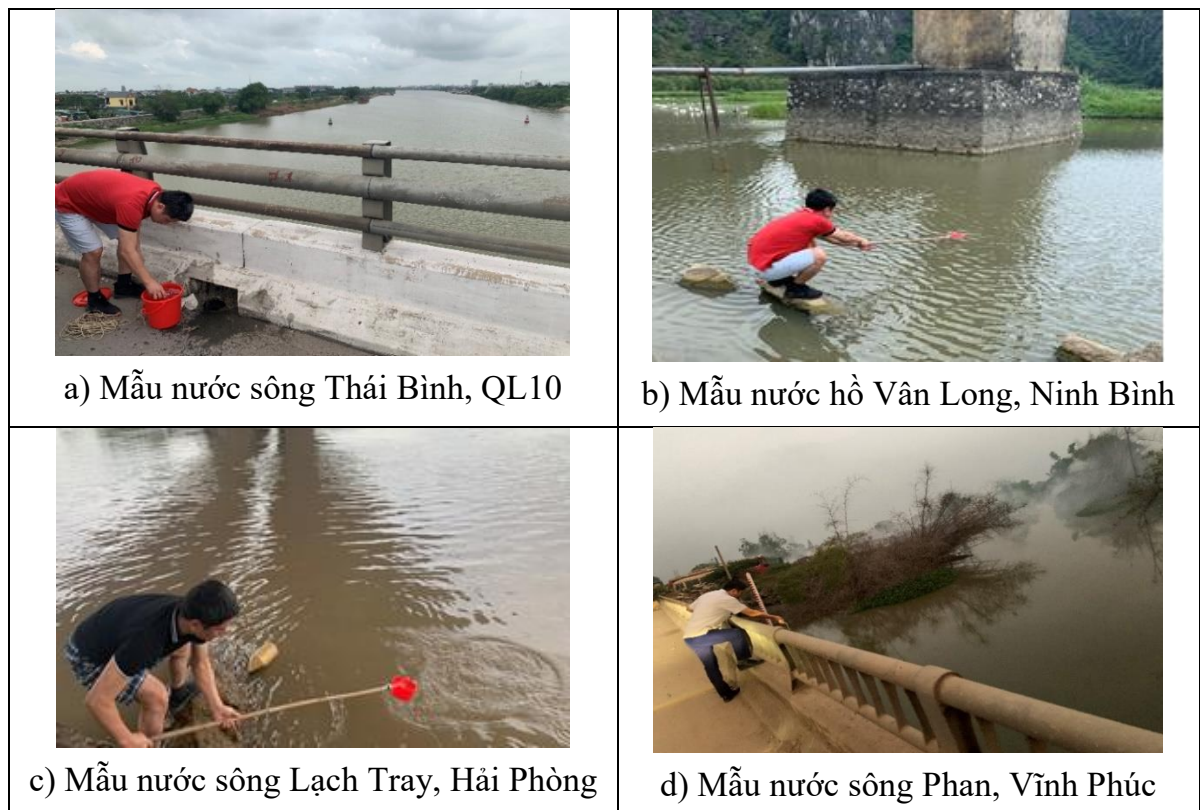
Thiết bị thu nhận nước mưa được chế tạo theo hướng dẫn của IAEA và đặt trên tòa nhà 7 tầng của Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội. Mẫu nước



mưa được lấy hàng tháng. Lấy, vận chuyển và bảo quản mẫu nước dưới đất và nước mặt theo tiêu chuẩn TCVN 6663-6:2018; TCVN 6663-3:2016.



Hình 3.3. Lấy mẫu nước dưới đất



### Hình 3.4. Lấy mẫu nước mặt lục địa

#### 3.2.6. Phương pháp xác định giá trị cung cấp thấm từ nước mưa cho nước dưới đất bằng phương trình sai phân hữu hạn của Kamenxki.

Để dự báo mực nước dưới đất và xác định lượng bổ cập từ nước mưa cho các tầng chứa nước không áp, NCS tiến hành nghiên cứu động thái mực nước dưới đất trong một nhóm các lỗ khoan tại sân cân bằng Thọ An, Đan Phượng.

Thành phần tham gia vào cân bằng nước trong khu cân bằng gồm:

- $\Delta Q_x$  hiệu số lượng nước chảy đến và chảy đi theo phương x
- $\Delta Q_y$  hiệu số lượng nước chảy đến và chảy đi theo phương theo phương y
- Giá trị cung cấp thấm hoặc bốc hơi từ bề mặt nước dưới đất:  $\pm W\Delta Q_x\Delta Q_y$ .

Sự thay đổi lượng nước đến và đi trong khu vực theo các phương dẫn đến mực nước dưới đất dâng cao hoặc hạ thấp, làm thay đổi thể tích nước theo phương trình (3.11).

$$\pm W = \mu \frac{\Delta H}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta Q_x}{\Delta x \cdot \Delta y} \cdot \frac{\Delta Q_y}{\Delta x \cdot \Delta y} \quad (3.11)$$

Trong đó:  $\Delta x$  là khoảng cách giữa các lỗ khoan theo phương x

$\Delta y$  là khoảng cách giữa các lỗ khoan theo phương y

$W$  là giá trị cung cấp của nước mưa (hoặc bốc hơi)

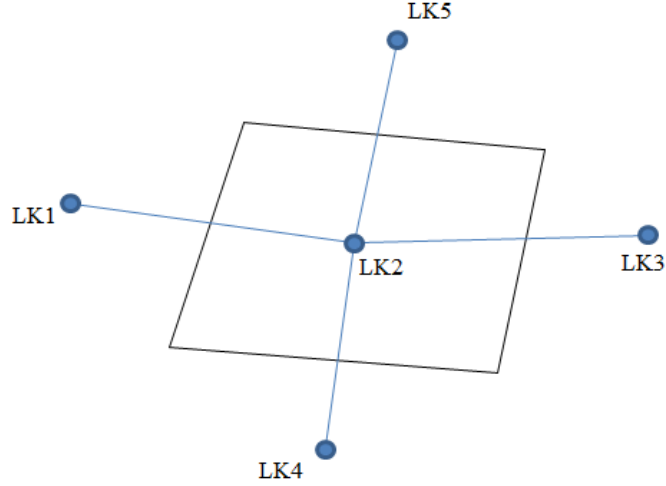
$\mu$  là hệ số nhả nước trọng lực (khi mực nước hạ thấp) hoặc hệ số thiếu hụt bão hòa (khi mực nước dâng cao);

$\Delta H$  là dao động mực nước dâng cao hoặc hạ thấp

$\Delta t$  là thời gian xảy ra dao động mực nước

Để tiến hành tính toán sự thay đổi mực nước, NCS tiến hành phân chia khu vực nghiên cứu thành các ô nhỏ có các giá trị tham gia vào phương trình (3.11) là không đổi, tức là đưa bài toán về giải một hệ phương trình tuyến tính với số lượng các phương trình tương đương với số các ô lưới được phân chia. Kết quả  $H(x,y,z,t)$  sẽ là một lưới ô chứa các giá trị h khác nhau, bước lưới càng nhỏ thì kết quả thu được càng gần đúng.

Trong sân cân bằng, xây dựng mô hình dòng 2 chiều với trục x gồm 3 lỗ khoan có ký hiệu LK1, LK2, LK3 và trục y có 3 lỗ khoan LK4, LK2, LK5. Theo công thức định luật thấm của Darcy lưu lượng nước dưới đất chảy đến, chảy đi và hiệu số lượng nước chảy đến chảy đi khỏi phân tử cân bằng theo các phương x, y và lượng bổ cập từ nước mưa hoặc bốc hơi theo phương z được xác định theo các công thức (3.12) đến công thức (3.16).



Hình 3.5. Hệ thống sân cân bằng cho dòng chảy 2 chiều

Theo phương x:

$$Q_{\text{đến}} = K \frac{h_1^{s+1} + h_2^{s+1}}{2} \cdot \frac{H_1^{s+1} - H_2^{s+1}}{l_{1,2}} \cdot \frac{l_{4,2} + l_{2,5}}{2} \quad (3.12)$$

$$Q_{\text{đi}} = K \frac{h_2^{s+1} + h_3^{s+1}}{2} \cdot \frac{H_2^{s+1} - H_3^{s+1}}{l_{2,3}} \cdot \frac{l_{4,2} + l_{2,5}}{2} \quad (3.13)$$

và

$$\begin{aligned} \Delta Q_x &= Q_{\text{đi}} - Q_{\text{đến}} \\ &= \frac{K(l_{4,2} + l_{2,5})}{4} \left[ (h_2^{s+1} + h_3^{s+1}) \frac{H_2^{s+1} - H_3^{s+1}}{l_{2,3}} \right. \\ &\quad \left. - (h_1^{s+1} + h_2^{s+1}) \frac{H_1^{s+1} - H_2^{s+1}}{l_{1,2}} \right] \end{aligned} \quad (3.14)$$

Theo phương y:

$$\begin{aligned} \Delta Q_y &= \frac{K(l_{1,2} + l_{2,3})}{4} \left[ (h_2^{s+1} + h_5^{s+1}) \frac{H_2^{s+1} - H_5^{s+1}}{l_{2,5}} \right. \\ &\quad \left. - (h_4^{s+1} + h_2^{s+1}) \frac{H_4^{s+1} - H_2^{s+1}}{l_{4,2}} \right] \end{aligned} \quad (3.15)$$

Theo phương z.

$$\Delta Q_z = \pm W \frac{(l_{1,2} + l_{2,3})}{2} \frac{(l_{4,2} + l_{2,5})}{2} \quad (3.16)$$

Theo các phương x, y và z, lưu lượng nước chảy đến và đi trong phân tố cân bằng trong khoảng thời gian  $\Delta t$  đã làm thay đổi chiều cao mực nước dưới đất 1 khoảng là  $\Delta H$  dẫn đến trữ lượng tĩnh trong phân tố đã bị thay đổi một lượng:

$$\mu \frac{\Delta H}{\Delta t} \Delta x \Delta y = \mu \frac{H_2^{s+2} - H_2^s}{\Delta t} \frac{l_{1,2} + l_{2,3}}{2} \frac{l_{4,2} + l_{2,5}}{2} \quad (3.17)$$

Cân bằng các biểu thức (3.14) đến (3.17) ta có phương trình:

$$\begin{aligned} & \frac{K(l_{4,2} + l_{2,5})}{4} \left[ (h_2^{s+1} + h_3^{s+1}) \frac{H_2^{s+1} - H_3^{s+1}}{l_{2,3}} - (h_1^{s+1} + h_2^{s+1}) \frac{H_1^{s+1} - H_2^{s+1}}{l_{1,2}} \right] \\ & + \frac{K(l_{1,2} + l_{2,3})}{4} \left[ (h_2^{s+1} + h_5^{s+1}) \frac{H_2^{s+1} - H_5^{s+1}}{l_{2,5}} - (h_4^{s+1} + h_2^{s+1}) \frac{H_4^{s+1} - H_2^{s+1}}{l_{4,2}} \right] \\ & \pm W \frac{(l_{1,2} + l_{2,3})(l_{4,2} + l_{2,5})}{2} = \mu \frac{H_2^{s+2} - H_2^s}{\Delta t} \frac{l_{1,2} + l_{2,3}}{2} \frac{l_{4,2} + l_{2,5}}{2} \end{aligned} \quad (3.18)$$

Trong đó:

$s, s+1, s+2$  là thời điểm đầu, giữa và cuối của bước thời gian  $\Delta t$ ;

$h_1^{s+1}, h_2^{s+1}, h_3^{s+1}, h_4^{s+1}, h_5^{s+1}$  là chiều cao mực nước dưới đất tại các lỗ khoan LK1, LK2, LK3, LK4, LK5 ở thời điểm  $s+1$ ;

$H_1^{s+1}, H_2^{s+1}, H_3^{s+1}, H_4^{s+1}, H_5^{s+1}$  là cao độ cột nước tổng tại các lỗ khoan LK1, LK2, LK3, LK4, LK5 ở thời điểm  $s+1$ ;

$H_2^s, H_2^{s+2}$  là cao độ mực nước tại lỗ khoan 2 ở thời điểm đầu  $s$  và thời điểm cuối  $s+2$  của khoảng thời gian  $\Delta t$ ;

$l_{2,3}, l_{4,2}, l_{2,5}, l_{1,2}$  là khoảng cách từ các lỗ khoan 2-3, 4-2, 2-5 và 1-2

### 3.2.7. Phương pháp mô hình

Mô hình số được xây dựng và sử dụng để phân tích, đánh giá vai trò các nguồn cung cấp thấm đối với sự hình thành trữ lượng nước dưới đất.

Sự biến đổi độ cao mực nước dưới đất được mô tả bằng một phương trình đạo hàm riêng duy nhất sau:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) \pm W = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (3.19)$$

Trong đó:

$K_{xx} = K_{xx}(x, y, z), K_{yy} = K_{yy}(x, y, z), K_{zz} = K_{zz}(x, y, z)$  là các hệ số thấm của tầng chứa nước theo các phương  $x, y, z$ .

$H$  là chiều cao mực nước dưới đất tại vị trí  $(x, y, z)$  ở thời điểm  $t$ ;

$W$  là giá trị bổ cập hoặc thoát đi của nước dưới đất tính tại vị trí  $(x, y, z)$  ở thời điểm  $t, W = W(x, y, z, t)$ .

$S_s = S_s(x, y, z)$  là hệ số nhả nước;

Phương trình (3.19) được giải với các điều kiện biên:

+ Điều kiện biên loại I (biên Dirichlet) là các ô mà mực nước được xác định trước và giá trị này không đổi trong suốt thời gian tính toán  $H = h(t)$ .

+ Điều kiện biên loại II (biên lưu lượng Neuman) là các ô mà lưu lượng dòng chảy qua biên được xác định trước trong suốt bước thời gian tính toán  $Q = q(t)$ .

+ Điều kiện biên loại III (biên hỗn hợp Cauchy) là điều kiện biên mà lưu lượng trên biên phụ thuộc vào mực nước  $Q = f(H)$ .

### 3.3. KẾT LUẬN CHƯƠNG 3.

NCS và cộng sự trực tiếp lấy 128 mẫu nước dưới đất, 30 mẫu nước mặt, 72 mẫu nước mưa để phân tích đồng vị bền và 16 mẫu nước dưới đất để phân tích đồng vị phóng xạ Triti theo khuôn khổ Dự án NUFIC giai đoạn 3, Dự án OKP giai đoạn 2, Hà Lan.

Các dữ liệu về lượng mưa, dữ liệu ảnh viễn thám, dữ liệu số độ cao, lưu lượng khai thác nước dưới đất... NCS thu thập, kế thừa từ Trung tâm Nghiên cứu Quan sát Trái đất (Earth Observation Research Center, EORC), Cục khảo sát địa chất Mỹ (USGS), Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước Quốc gia.

NCS đã sử dụng cách tiếp cận gián tiếp, trực tiếp, cách tiếp cận top-down, bottom-up và các phương pháp thu thập, phân tích tài liệu, phương pháp kế thừa nhằm xác định nội dung, phương pháp nghiên cứu phù hợp của luận án.

NCS sử dụng các phương pháp trong nghiên cứu của mình bao gồm: 1. Phương pháp viễn thám sử dụng để phân loại lớp phủ và sử dụng đất, xây dựng bản đồ DEM...; 2. Phương pháp GIS được sử dụng để xây dựng bản đồ tiềm năng bổ cập nước dưới đất khu vực cũng như xác định, phân vùng các yếu tố ảnh hưởng đến bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất...; 3. Phương pháp chuyên gia sử dụng để xác định tầm quan trọng, điểm số của các yếu tố ảnh hưởng; 4. Phương pháp phân tích thứ bậc AHP xác định trọng số của các yếu tố ảnh hưởng từ đó xác định tầm quan trọng của các yếu tố ảnh hưởng đến lượng bổ cập nước dưới đất; 5. Phương pháp thủy văn đồng vị xác định thành phần đồng vị bền  $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$  và đồng vị phóng xạ  $^3\text{H}$  từ đó xác định thành phần tham gia cung cấp thấm và lượng cung cấp thấm; 6. Phương pháp Kamenxki xác định lượng bổ cập tại sân cân bằng Thọ An, Đan Phượng; 7. Phương pháp mô hình xác định thành phần cung cấp thấm cho TCN Đệ tứ của khu vực.

## CHƯƠNG 4. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG, PHÂN VÙNG TIỀM NĂNG VÀ KẾT QUẢ XÁC ĐỊNH LƯỢNG BỔ CẬP TỪ NƯỚC MƯA CHO NƯỚC DƯỚI ĐẤT TẦNG CHỨA NƯỚC HOLOCEN VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG

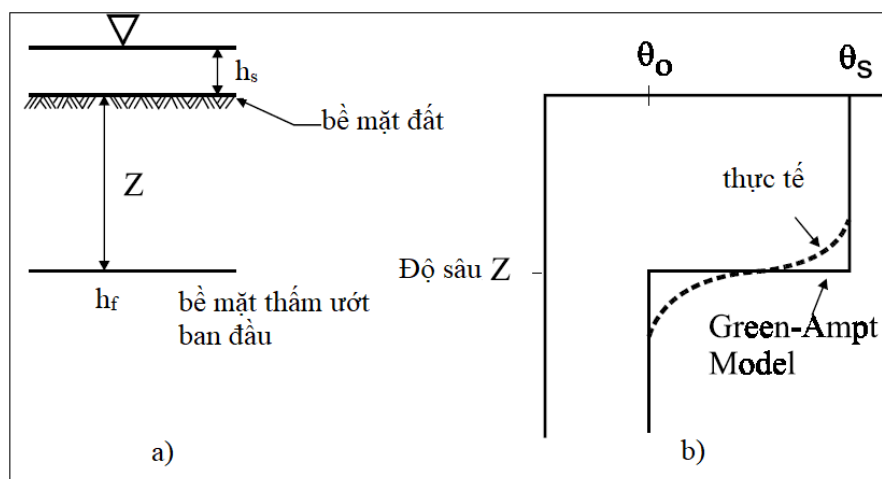
### 4.1. CƠ SỞ XÁC ĐỊNH YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG BỔ CẬP TỪ NƯỚC MƯA CHO NƯỚC DƯỚI ĐẤT.

#### 4.1.1. Đặc tính thấm của đất

Bổ cập từ trên mặt do nước mưa, nước tưới là quá trình thấm tự nhiên qua đới không bão hòa vào trong tầng chứa nước. Thấm là sự vận động của nước từ bề mặt vào trong môi trường lỗ hổng hoặc khe nứt trong đất dưới tác dụng của trọng lực. Thấm là một trong những thành phần của quá trình thủy văn và rất quan trọng trong cân bằng nước (Horton, 1933). Khả năng thấm là tỷ lệ lượng nước tối đa có thể được hấp thụ bởi một loại đất trên một đơn vị diện tích trong điều kiện nhất định.

Green và Ampt (1911) đã đưa ra phương trình vật lý đầu tiên mô tả quá trình thấm trong điều kiện ao, hồ. Mein và Larson (1973) đã mở rộng mô hình Green-Ampt để xác định thời điểm bắt đầu đọng nước trên bề mặt trong điều kiện lượng mưa ổn định. Chu (1978) tiếp tục mở rộng mô hình Green-Ampt để mô phỏng lượng mưa không ổn định. Skaggs và Khaleel (1982) đã bổ sung phương trình cân bằng nước trên bề mặt đất để tính toán lượng mưa dư thừa sau quá trình thấm của nước vào đất.

The mô hình Green-Ampt, khi độ ẩm của đất bề mặt tăng, mặt thấm ướt sẽ dịch chuyển xuống phía dưới giống như hoạt động của một chiếc pit tông. Tại mặt thấm ướt, độ ẩm bão hòa sẽ giảm đột ngột về độ ẩm ban đầu (Hình 4.1).



Hình 4.1. Mô hình thấm Green and Ampt: a) Các thông số, b) Sơ đồ thấm (Nguồn: Green và Ampt, 1911)

Các thông số của phương pháp này gồm độ ẩm ban đầu  $\theta_0$  (không thứ nguyên), độ ẩm bão hòa  $\theta_s$  (không thứ nguyên), chiều cao hút ẩm ban đầu của đất  $Z(m)$ , hệ số thấm của đất  $K$  (m/giờ).

$$i = K \left[ 1 + \frac{(\theta_s - \theta_0)Z}{F} \right] \quad (4.1)$$

Trong đó  $f$  là tỷ lệ thấm (m/h)  
 $K$  là hệ số thấm (m/h)  
 $\theta_0$  là độ ẩm ban đầu  
 $\theta_s$  là độ ẩm bão hòa  
 $Z$  là chiều cao hút ẩm ban đầu của đất (m)  
 $F$  là tích lũy thấm

Chiều sâu mặt thấm ướt ban đầu xác định bởi

$$Z = \frac{F}{\theta_s - \theta_0} \quad (4.2)$$

Tốc độ thấm của đất tuân theo định luật Darcy và giảm dần theo thời gian (Hình 4.2).

$$i(t) = \frac{\partial l}{\partial t} = k_s \frac{H_0 - H_f(t)}{z_f(t)} = k_s \frac{h_0 - h_f z_f(t)}{z_f(t)} \quad (4.3)$$

Trong đó

$i(t)$  là tốc độ thấm (mm/h)  
 $t$  là thời gian (h)  
 $k_s$  là hệ số thấm bão hòa (mm/h)  
 $H_0$  là cột nước thủy lực tổng tại bề mặt (mm)  
 $H_f(t)$  là cột nước thủy lực tổng của độ ẩm ban đầu (mm)  
 $z_f$  là chiều sâu ẩm ban đầu (mm)  
 $h_0$  là cột nước áp lực tại bề mặt (mm)  
 $h_f$  là cột nước áp lực tại chiều sâu độ ẩm ban đầu (mm)

Từ phương trình (4.1) và (4.2) ta có

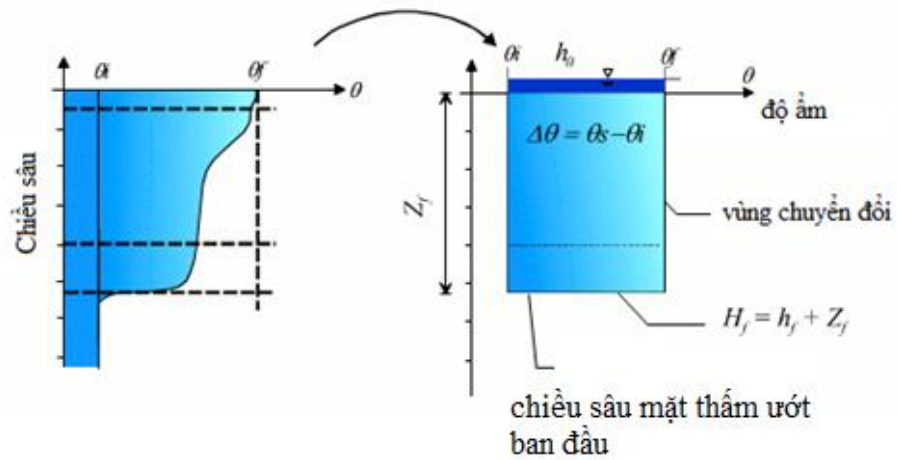
$$i(t) = \frac{\partial I(t)}{\partial t} = -(\theta_0 - \theta_i) \frac{\partial z_f(t)}{\partial t} = k_s \frac{h_0 - h_f - z_f(t)}{z_f(t)} \quad (4.4)$$

Theo phương ngang:

$$i(t) = k_s \frac{(\theta_0 - \theta_f)(h_0 - h_f)}{I(t)} \quad (4.5)$$

Theo phương thẳng đứng:

$$I(t) = -k_s \quad (4.6)$$



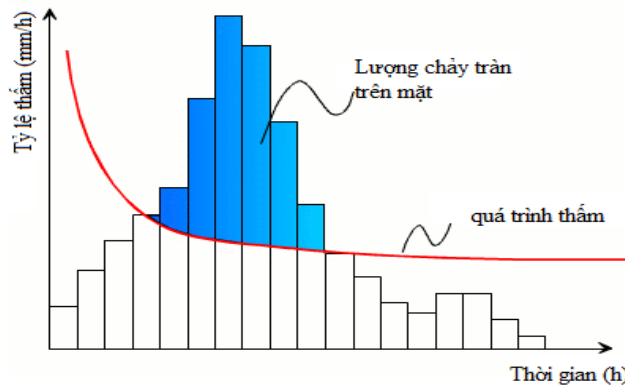
Hình 4.2. Quá trình thấm theo Green and Ampt (Nguồn: Musy, 2001)

Tốc độ thấm  $i(t)$  phụ thuộc vào chế độ cung cấp (tưới, mưa) nhưng cũng phụ thuộc vào tính chất của đất (Hình 4.3).

Trong một trận mưa,

- Khi cường độ mưa nhỏ hơn tốc độ thấm thì nước thấm nhanh hơn, đa phần nước sẽ thấm vào đất. Thời gian cần thiết để đạt trạng thái bão hòa phụ thuộc vào điều kiện độ ẩm của đất và lượng mưa.

- Khi cường độ mưa lớn hơn khả năng thấm của đất, lượng nước dư thừa sẽ chảy tràn trên mặt hoặc được tích trữ trong các chỗ trũng trên mặt đất.



Hình 4.3. Quá trình thấm và lượng chảy tràn (Nguồn: Musy, 2001)



Bảng 4.1. Các thông số của mô hình Green-Ampt theo loại đất (Nguồn: Rawls and all, 1983)

Loại đất	Độ lỗ rỗng	Độ lỗ rỗng hữu hiệu	Mặt thấm ướt (mm)	Hệ số thấm (mm/h)
Cát	0,437	0,471	49,5	117,8
Bột cát	0,437	0,401	61,3	29,9
Cát bột	0,453	0,412	110,1	10,9
Bột	0,463	0,434	88,9	3,2
Phù sa, bột	0,501	0,486	166,7	6,5
Sét cát bột	0,398	0,330	218,5	1,5
Sét bột	0,464	0,309	208,8	1,0
Sét bột phù sa	0,471	0,432	273	1,0
Sét cát	0,430	0,321	239	0,6
Sét phù sa	0,479	0,423	292,2	0,5
Sét	0,475	0,385	316,3	0,3

#### 4.1.2. Các nghiên cứu về tính thấm của đất

Một số nghiên cứu của Phạm Văn Điền (2009), Phạm Văn Điền và nnk (2006), Bùi Huy Hiền (2012), Bouma và Dekker (1978), Dune và cộng sự (1991), Onda và Yukawa (1995), Hille (1982) cho thấy tốc độ thấm và khả năng thấm nước của đất không những phụ thuộc vào lượng mưa, thời gian mưa, đặc điểm và độ dốc địa hình, thành phần cơ giới, độ dày, độ ẩm, tính chất và đặc tính thấm của đất mà còn phụ thuộc vào lớp phủ bề mặt, loại hình sử dụng đất, môi trường và điều kiện khí hậu khu vực hình thành nên đất. Cụ thể:

Thành phần cơ giới nhẹ, thô thấm nước nhanh hơn thành phần cơ giới nặng. Đất có nhiều chất hữu cơ thì nước thấm nhanh hơn và ngược lại.

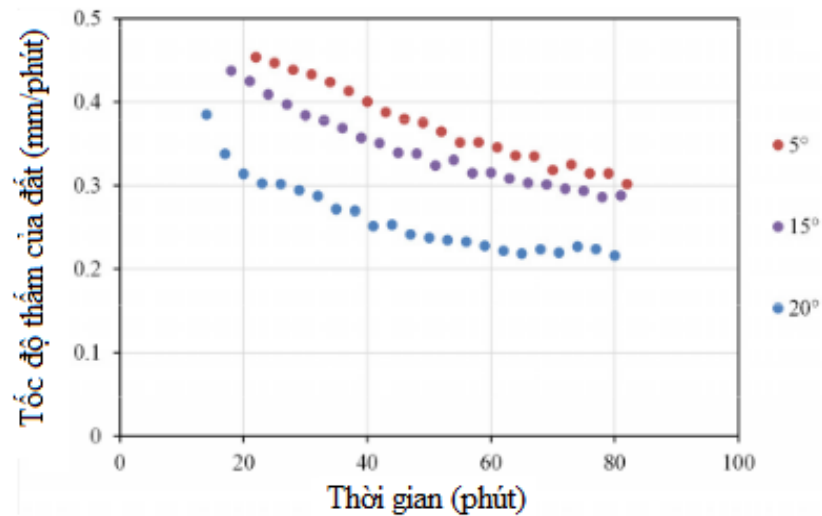
Tốc độ thấm sẽ tăng cao khi độ ẩm của đất thấp, độ xốp cao, thành phần cơ giới là đất cát. Ngược lại sẽ làm giảm tốc độ thấm của đất (Bảng 4.2).

Bảng 4.2. Tốc độ thấm ổn định với từng loại đất (Nguồn: Hille, 1982)

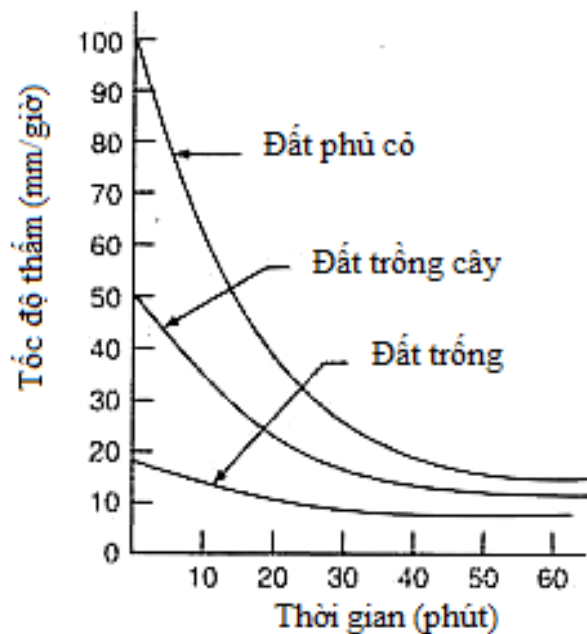
TT	Loại đất	Tốc độ thấm ổn định (cm/h)
1	Cát	>2
2	Đất cát và đất phù sa	1-2
3	Đất nhiều mùn	0.5-1
4	Đất sét	0.1-0.5
5	Đất sét kiềm	<0.1

Tốc độ thấm của nước vào đất giảm khi cường độ mưa tăng và độ dốc tăng (Hình 4.4). Nếu cường độ mưa lớn thì khả năng thấm của đất có xu hướng nhỏ do nước mưa không đủ thời gian để thấm mà tạo thành dòng chảy tràn trên mặt. Ngược lại, với các trận mưa nhỏ nhưng thời gian mưa kéo dài thì khả năng và tốc độ thấm của đất sẽ tốt hơn.

Khi tỷ lệ che phủ bề mặt thấp, với cùng độ dốc thì khả năng thấm của đất sẽ giảm (Hình 4.5). Ví dụ cùng khu vực, đất trồng sẽ làm giảm khả năng thấm so với đất trống và đất phủ cỏ.



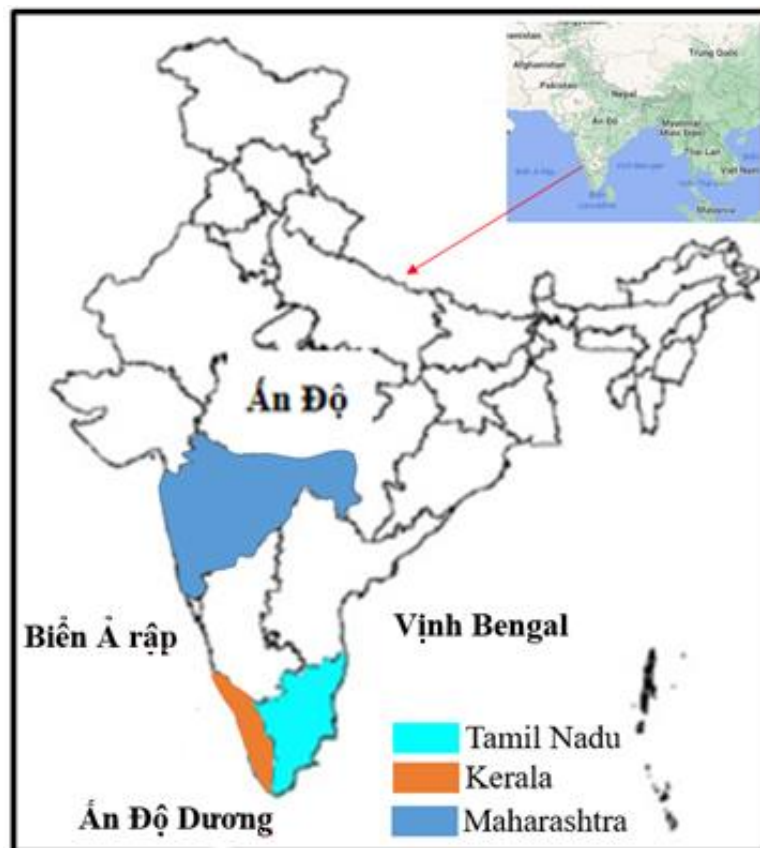
Hình 4.4. Quan hệ giữa tốc độ thấm của đất và độ dốc địa hình (Nguồn: Hille, 1982)



Hình 4.5. Ảnh hưởng lớp phủ đến tốc độ thấm của đất (Nguồn: Onda và Yukawa, 1995)

Một số nghiên cứu tại các vùng khác nhau tại Ấn Độ của *M. Senthilkumar* (2019) ở Amaravathi, Tamil Nadu, *H.D. Bhave* và *nnk* (2019) ở Aam, Umred Tahsil, quận Nagpur, Maharashtra, *S.G Patil* và *nnk* (2014) ở quận Pune, Maharashtra, *Preeja* và *nnk* (2011) ở Kerla cho thấy, lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất các khu vực này phụ thuộc vào các yếu tố ảnh hưởng như sau: địa mạo, địa chất, mật độ sông suối, các yếu tố tuyến tính (đứt gãy), loại đất, cường độ mưa và độ dốc địa hình (M. Senthilkumar, 2019); sử dụng đất, địa mạo, thành phần thạch học, mật độ sông suối và loại đất (Bhave và nnk, 2019); sử dụng đất, thổ nhưỡng, địa mạo, độ dốc, mật độ sông suối và mật độ đứt gãy (S.G Patil và nnk, 2014); trầm tích, địa mạo, yếu tố tuyến tính, độ dốc, mật độ sông suối, loại đất và lớp phủ - sử dụng đất (Preeja và nnk, 2011).

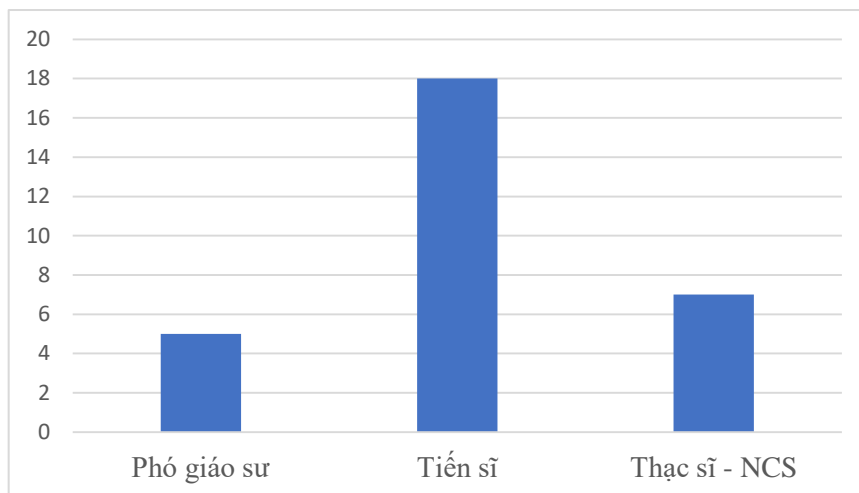
Tamil Nadu là vùng có khí hậu nhiệt đới bán khô hạn, lượng mưa ít vào khoảng 750mm, mùa hè nóng. Địa hình gồm đồng bằng và đồi núi, xen kẽ các thảm thực vật. Kerla có độ cao dao động trong khoảng từ 10 - 20m ở phía Tây đến 430m ở phía Đông, thuộc vùng khí hậu nhiệt đới, gió mùa với lượng mưa dồi dào. Lượng mưa trung bình hàng năm khoảng 2661mm. Nhiệt độ trung bình hàng tháng mùa hè thay đổi từ 30°C đến 36,5°C (Hình 4.6).



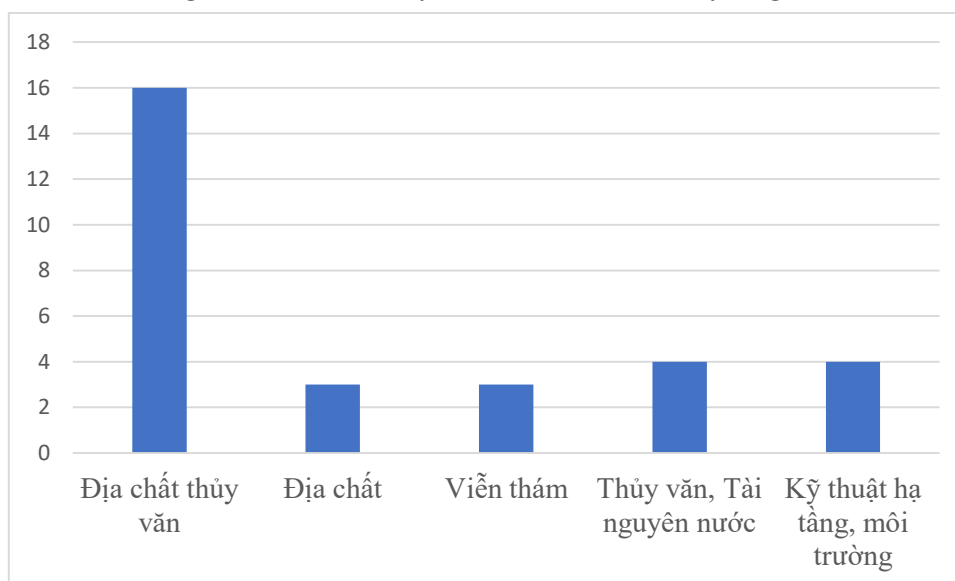
Hình 4.6. Vị trí các khu vực nghiên cứu tại Ấn Độ

### 4.1.3. Tham khảo ý kiến các chuyên gia

Số lượng phiếu điều tra là 30 phiếu (PHỤ LỤC 7), được gửi đến các chuyên gia dưới dạng bảng hỏi để thu thập ý kiến. Về trình độ chuyên môn, lĩnh vực và kinh nghiệm nghiên cứu của các chuyên gia được thống kê trong Hình 4.7, Hình 4.8.



Hình 4.7. Thống kê trình độ chuyên môn của các chuyên gia được tham vấn



Hình 4.8. Thống kê lĩnh vực nghiên cứu của các chuyên gia được tham vấn

## 4.2. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN BỔ CẬP TỪ NƯỚC MƯA CHO NƯỚC DƯỚI ĐẤT TẦNG CHỨA NƯỚC HOLOCEN VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG

Từ phân tích ở mục 4.1 và đặc điểm kiến tạo, địa mạo, địa chất, địa chất thủy văn, khí hậu, mạng lưới sông ngòi... của ĐBSH cùng với tiến hành lấy ý kiến các chuyên gia qua bảng hỏi (PHỤ LỤC 7), NCS đã xác định được các yếu tố ảnh hưởng đến lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất vùng ĐBSH (Bảng 4.3) theo thứ tự từ ảnh hưởng nhiều đến ảnh hưởng ít gồm i) lượng mưa, ii) lớp phủ bề mặt - sử dụng

đất, iii) loại đất, iv) đặc điểm trầm tích Đệ tứ, đá gốc, v) mực nước dưới đất, vi) địa mạo, viii) độ dốc địa hình, viii) mật độ sông suối.

Bảng 4.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến lượng bổ cấp từ nước mưa cho nước dưới đất vùng ĐBSH

STT	Yếu tố	Ký hiệu	Mô tả
1	Lượng mưa	RF	Mưa trung bình năm của khu vực
2	Sử dụng đất, lớp phủ	LC	Kiểu và loại lớp phủ bề mặt
3	Loại đất	SC	Kiểu đất, thành phần đất
4	Trầm tích Đệ tứ và đá gốc	LG	Loại đất đá trầm tích, phong hóa
5	Mực nước dưới đất	GL	Độ sâu mực nước dưới đất
6	Địa mạo	GG	Kiểu và hình thái địa hình
7	Độ dốc địa hình	SG	Sự chênh lệch độ cao giữa các điểm
8	Mật độ sông suối	DS	Chiều dài sông trên 1km <sup>2</sup>

#### 4.2.1. Lượng mưa

ĐBSH có lượng mưa dồi dào, phong phú, biến đổi theo không gian và thời gian. Lượng mưa tập trung chủ yếu vào mùa mưa (từ tháng V đến tháng X), dao động trong khoảng 1200 ÷ 2700mm, trong đó tháng V đến tháng IX lượng mưa trung bình tháng trên 200mm, tháng X khoảng hơn 100mm. Mùa khô từ tháng XI đến tháng IV năm sau, lượng mưa trung bình tháng của các tháng này dưới 100mm. Lượng mưa mùa mưa chiếm 80 - 85% lượng mưa cả năm. Hơn nữa, ĐBSH thuộc vùng Đông Bắc Việt Nam, là vùng có 3 tháng VII, VIII, IX là bão nhiều nhất với lượng mưa trung bình mỗi cơn bão khoảng 100mm đến 150mm, lượng mưa bão 1 ngày lớn nhất có thể đạt 564mm. Căn cứ theo lượng mưa trung bình ( $P_{TB}$ ), Thái Văn Trùng (1999) đã phân lượng mưa thành các cấp sau đây:

- Cấp I: mưa ảm ( $P_{TB} > 2500\text{mm}$ )
- Cấp II: mưa vừa ( $1200\text{mm} < P_{TB} < 2500\text{mm}$ )
- Cấp III: hơi khô và khô ( $600\text{mm} < P_{TB} < 1200\text{mm}$ )
- Cấp IV: hạn ( $300\text{mm} < P_{TB} < 600\text{mm}$ )
- Cấp V: cực hạn ( $P_{TB} < 300\text{mm}$ )

Trong khi đó, căn cứ vào tổng lượng mưa năm (X), Trần Việt Liễn (2004) phân thành:

- Trung tâm mưa nhiều:  $X > 2000\text{mm}$  (trung tâm mưa Tam Đảo, Móng Cái...)
- Trung tâm mưa vừa: X từ 1400mm đến 2000mm
- Trung tâm ít mưa:  $X < 1400\text{mm}$  (trung tâm ít mưa Cao - Lạng, Sơn La...)

Căn cứ vào phân loại trên, NCS thành lập bản đồ lượng mưa ĐBSH giai đoạn 2016-2021 theo Bảng 4.4.

Thang điểm và trọng số của yếu tố lượng mưa được xác định từ bảng hỏi của các chuyên gia (PHỤ LỤC 7) và cho trong Bảng 4.4. Trọng số cao ứng với vùng có lượng mưa cao, ảnh hưởng của yếu tố lượng mưa đến khả năng bổ cập nước dưới đất là cao và ngược lại.

Bảng 4.4. Thang điểm và trọng số ảnh hưởng của yếu tố lượng mưa

<b>Yếu tố</b>	<b>Chỉ số</b>	<b>Điểm</b>	<b>Tổng</b>	<b>Trọng số chuẩn hóa</b>
Lượng mưa (RF) (mm/năm)	> 2400	9	1,36	0,34
	> 1950 - 2400	7	1,09	0,27
	> 1500 - 1950	6	0,93	0,23
	≤ 1500	4	0,62	0,16

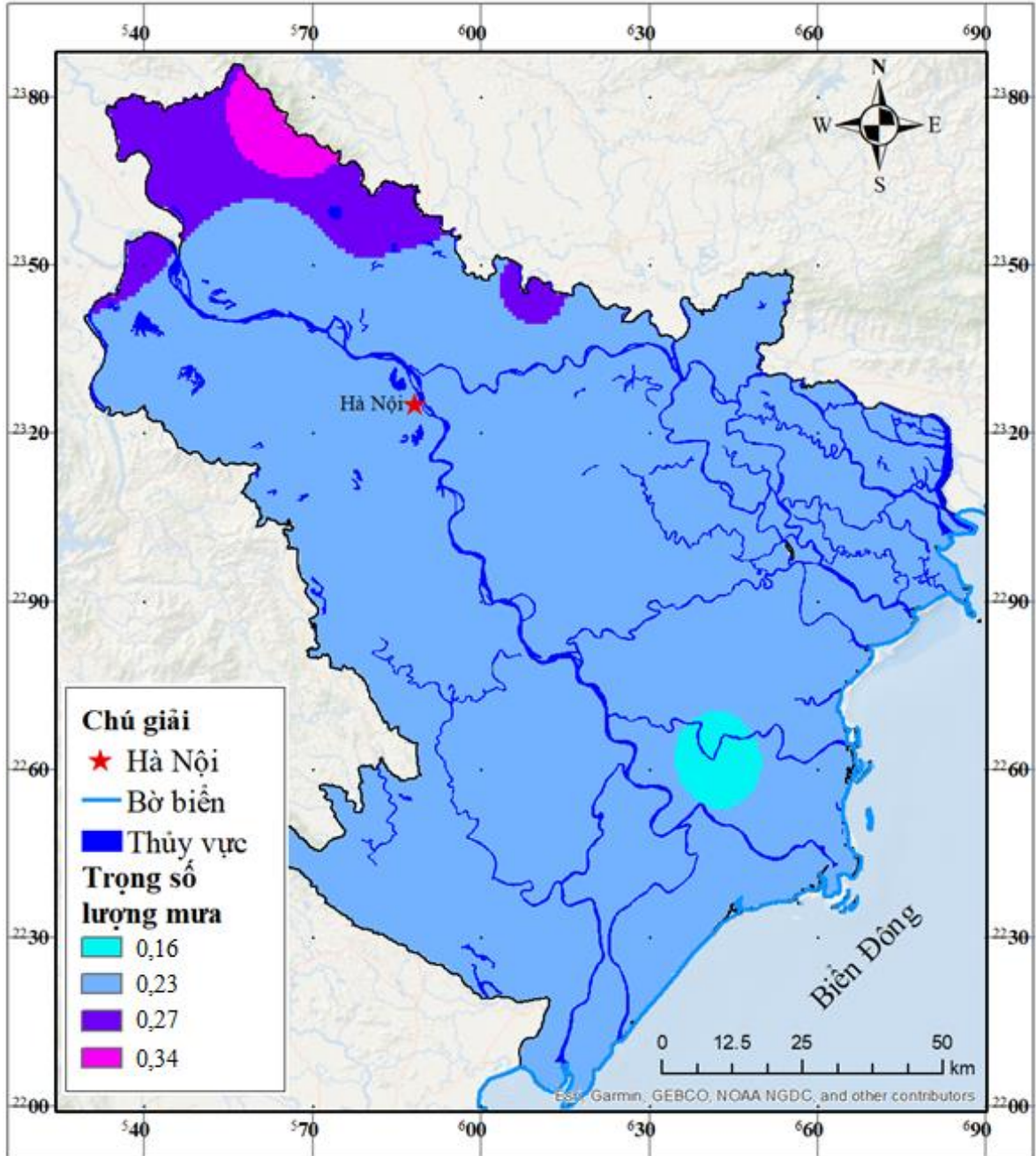
Theo Bảng 4.4, mức độ ảnh hưởng của lượng mưa đến tiềm năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất được xác định như sau:

$$\begin{aligned} \text{Ảnh hưởng của lượng mưa} &= 0,34 * (\text{lượng mưa} > 2400\text{mm}) + 0,27 * \\ &(\text{lượng mưa } 1950\text{-}2400\text{mm}) + 0,23 * (\text{lượng mưa } 1500\text{-}1950\text{mm}) + \\ &0,16 * (\text{lượng mưa} \leq 1500\text{mm}) \end{aligned} \quad (4.7)$$

Công thức (4.7) cho thấy lượng mưa càng lớn thì mức độ ảnh hưởng đến khả năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất càng lớn.

Hình 4.9 cho thấy, phần lớn đồng bằng sông Hồng thuộc trung tâm mưa vừa và có lượng mưa cấp II nên khả năng nước mưa bổ cập cho nước dưới đất cao. Lượng mưa ngoài là yếu tố ảnh hưởng, còn đóng vai trò là một trong những điều kiện hình thành, là nguồn cung cấp thấm cơ bản cho các TCN dưới đất khu vực. Với lượng mưa dồi dào, khả năng cung cấp thấm từ nước mưa cho nước dưới đất vùng ĐBSH là rất lớn, đặc biệt vào các tháng mùa mưa. Vào các tháng mùa khô, khi lượng mưa giảm, lượng cung cấp thấm từ nước mưa cũng giảm.

Vào các tháng mùa mưa, mực nước dưới đất TCN qh ở ĐBSH có mối quan hệ tỷ lệ thuận với lượng mưa. Lượng mưa tăng ứng với mực nước dưới đất tăng nhưng lệch pha (xem Hình 4.28). Mối quan hệ tuyến tính này phụ thuộc vào chiều sâu mực nước dưới đất, điều kiện địa chất, địa hình và lớp phủ thực vật. Mùa mưa, lượng mưa thấm xuống nhiều làm tăng trữ lượng động của nước dưới đất trong vùng và ngược lại.



Hình 4.9. Ảnh hưởng của lượng mưa đến khả năng bổ cập nước dưới đất

#### 4.2.2. Lớp phủ mặt đất, sử dụng đất

Lớp phủ mặt đất là thực vật tự nhiên hoặc do con người trồng, có tác dụng như một lớp đệm điều tiết nguồn nước, điều hòa khí hậu, hạn chế rủi ro thiên tai liên quan đến dòng chảy mặt, dòng chảy nước dưới đất... Sử dụng đất là con người tiến hành tác động vào đất đai như trồng cây, xây nhà, đường giao thông... nhằm đạt được hiệu quả mong muốn. Đặc điểm bề mặt lớp phủ mặt đất, sử dụng đất là một yếu tố quan trọng trong quá trình xác định lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất. Sử dụng dữ liệu thảm phủ bề mặt của Trung tâm Nghiên cứu Quan sát Trái đất (Earth

Observation Research Center - EORC), thuộc Cơ quan thăm dò hàng không vũ trụ Nhật Bản và phương pháp giải đoán ảnh viễn thám từ dữ liệu Landsat 8, NCS chia khu vực nghiên cứu thành 7 khu vực như trong Bảng 4.5.

Bảng 4.5. Các yếu tố của dữ liệu lớp phủ bề mặt- sử dụng đất

TT	Tên lớp phủ bề mặt - sử dụng đất	Mô tả
1	Thủy vực	Đất, khu vực luôn có nước
2	Lúa	Đất trồng lúa
3	Cây trồng	Đất cỏ, cây thu hoạch theo thời vụ
4	Rừng	Đất, khu vực che phủ bởi cây, giữ nước tốt
5	Đất ngập nước	Rừng ngập mặn hoặc khu vực luôn có độ ẩm đất cao
6	Đất trống	Đất, khu vực không có hoạt động sinh hoạt hay sản xuất
7	Đô thị	Đất, khu vực có nhà, đường, bề mặt không thấm...

Thang điểm và trọng số của yếu tố lớp phủ bề mặt được lấy từ phiếu hỏi chuyên gia (PHỤ LỤC 7) và trình bày trong Bảng 4.6, trọng số cao thì mức độ ảnh hưởng của yếu tố lớp phủ bề mặt, sử dụng đất đến khả năng cung cấp thấm từ nước mưa cho nước dưới đất cao và ngược lại.

Bảng 4.6. Thang điểm và trọng số ảnh hưởng của yếu tố lớp phủ bề mặt

Yếu tố	Chỉ số	Điểm	Tổng	Trọng số chuẩn hóa
Lớp phủ bề mặt (LC)	Thủy vực	8	1,44	0,21
	Lúa	7	1,26	0,18
	Cây trồng	6	1,08	0,15
	Rừng	6	1,08	0,15
	Đất ngập nước	5	0,90	0,13
	Đất trống	4,5	0,81	0,12
	Đô thị	2,5	0,45	0,06

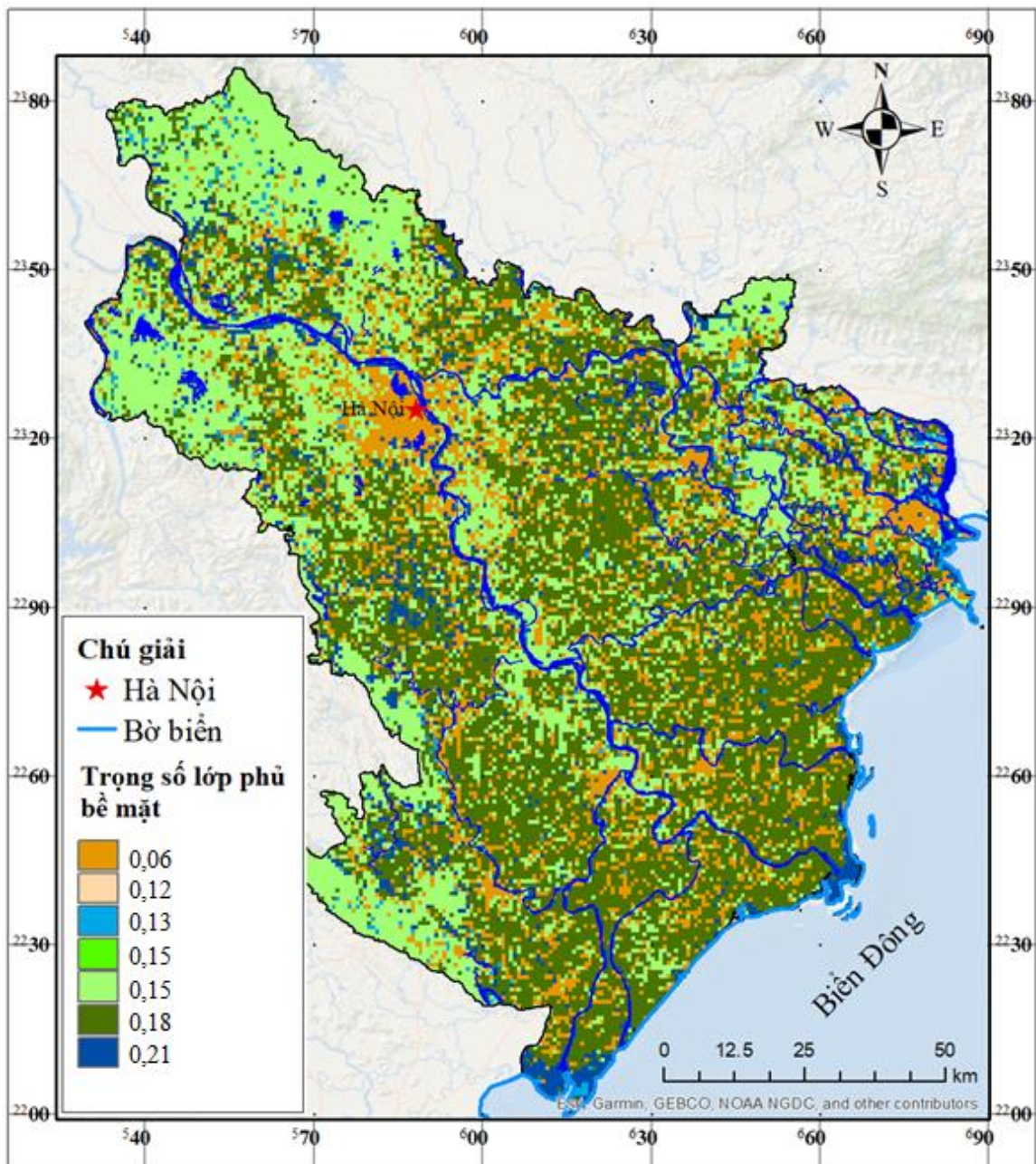
Theo Bảng 4.6, mức độ ảnh hưởng của lớp phủ bề mặt, sử dụng đất đến tiềm năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất được xác định như sau:

$$\begin{aligned} \text{Ảnh hưởng của lớp phủ bề mặt, sử dụng đất} = & 0,21 \cdot \text{Thủy vực} + \\ & 0,18 \cdot \text{lúa} + 0,15 \cdot \text{cây trồng} + 0,15 \cdot \text{rừng} + 0,13 \cdot \text{đất ngập nước} + \\ & 0,12 \cdot \text{đất trống} + 0,06 \cdot \text{đô thị} \end{aligned} \quad (4.8)$$



Công thức (4.8) cho thấy thủy vực có ảnh hưởng lớn nhất đến bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất, sau đó đến loại hình lớp phủ sử dụng đất khác như lúa, cây trồng... và ít ảnh hưởng nhất đến bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất là loại hình đất đô thị, bao gồm nhà, đường, bề mặt không thấm ...

Hình thức sử dụng đất và lớp phủ bề mặt gây ảnh hưởng đến sự thoát hơi nước, sự hình thành dòng chảy và cả sự bổ cập của nước mặt cho nước dưới đất. Thay đổi loại hình sử dụng đất và lớp phủ bề mặt sẽ dẫn đến thay đổi về lượng bổ cập và mực nước dưới đất.



Hình 4.10. Ảnh hưởng của lớp phủ bề mặt đến khả năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất

Theo Hình 4.10, ĐBSH có hơn 40% diện tích chủ yếu là đất nông nghiệp và hoa màu như đất trồng cây ăn quả, đất trồng lúa... phân bố chủ yếu ở Thái Bình, Nam Định, Ninh Bình, Hà Nam, Ứng Hòa (Hà Nội) (có trọng số ảnh hưởng là 0,15 đến 0,18)... Rừng trồng và rừng nguyên sinh tập trung ở rìa đồng bằng, khu vực Tam Đảo, Cúc Phương (Ninh Bình), Hà Nam chiếm khoảng 10% diện tích (trọng số ảnh hưởng là 0,15)... Đây là những loại hình lớp phủ, sử dụng đất tốt cho việc giữ nước và bổ cập cho nước dưới đất. Trong khi đó, các bề mặt không thấm là khu vực đô thị (khoảng 15%) tập trung chủ yếu ở Hà Nội và ở các thành phố là trung tâm các tỉnh hoặc thị trấn, thị xã của các huyện... Ở những khu vực này, khi mưa xuống sẽ hình thành các dòng chảy mặt và làm giảm khả năng thấm của nước mưa xuống đất.

#### 4.2.3. Loại đất

Đặc điểm, thành phần của đất có một vai trò đáng kể đối với khả năng thấm và vận chuyển nước. Với mỗi loại đất có thành phần khác nhau dẫn đến cấu trúc đất khác nhau. Cấu trúc đất tạo điều kiện cho oxy và nước xâm nhập, cải thiện khả năng giữ nước của đất. Nếu đất có cấu trúc kém có thể dẫn đến các vấn đề về thoát nước do sự tắc nghẽn của các lỗ rỗng trong đất, dẫn đến giảm tốc độ nước thấm vào đất (tốc độ thấm thấu) và tốc độ nước thoát khỏi đất (độ dẫn thủy). Đất có cấu trúc kém có thể có tỷ lệ sét hoặc chất hữu cơ thấp và nhiều khoáng chất như Natri, làm giảm khả năng liên kết của các hạt sét với nhau. Tốc độ thấm phụ thuộc vào kích thước, hình dáng, cách sắp xếp của hạt đất. Bản đồ loại đất có sẵn ở FAO và ở STNMT của mỗi tỉnh. NCS thành lập bản đồ loại đất chia thành 08 loại (Bảng 4.7).

Thang điểm và trọng số của yếu tố loại đất được lấy từ bảng hỏi của chuyên gia (PHỤ LỤC 7) và cho trong Bảng 4.7. Trọng số cao thì mức độ ảnh hưởng của yếu tố loại đất đến khả năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất cao và ngược lại.

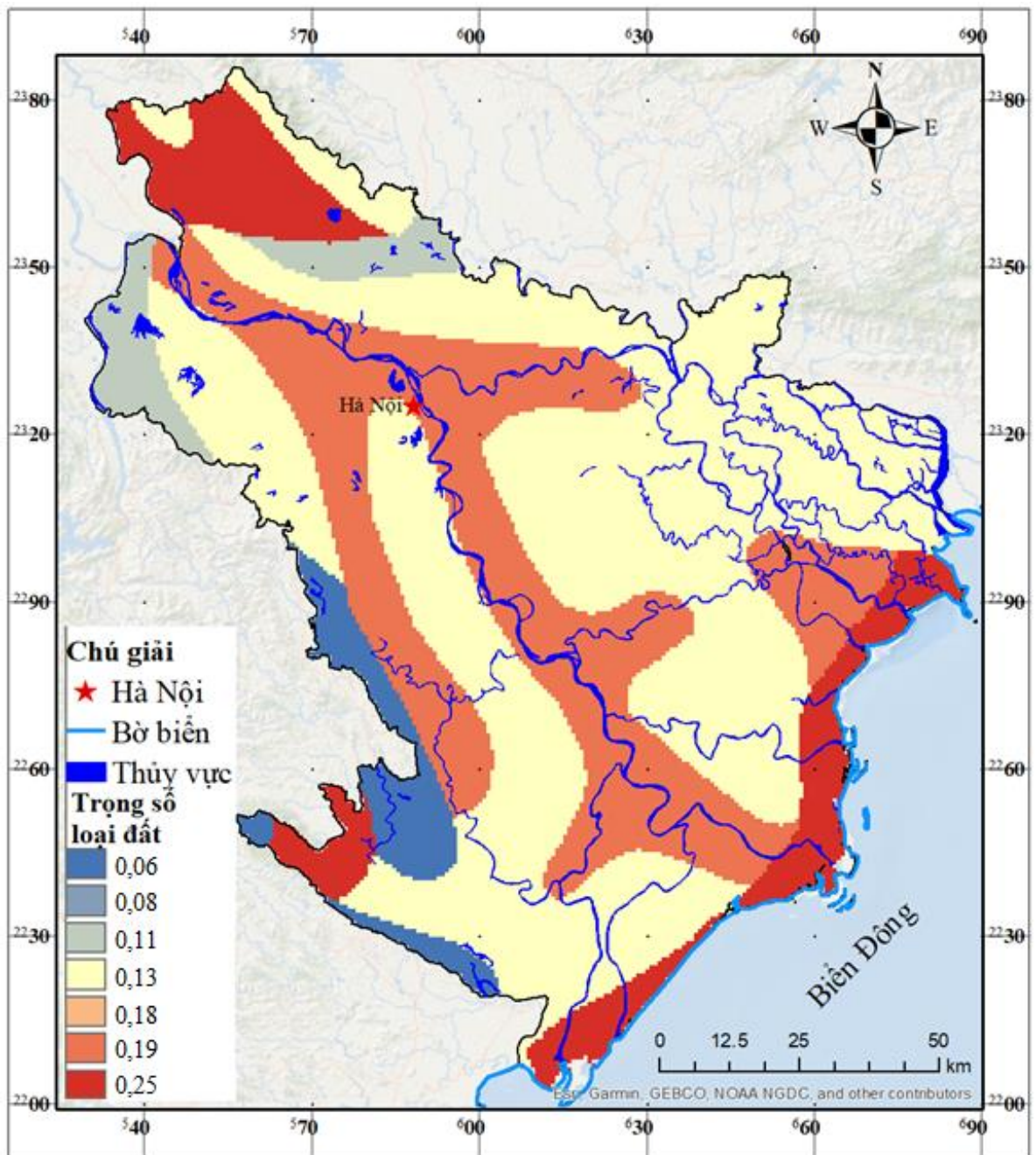
Bảng 4.7. Thang điểm và trọng số ảnh hưởng của yếu tố loại đất

Yếu tố	Chỉ số	Điểm	Tổng	Trọng số chuẩn hóa
Loại đất (SC)	Cát	9	1,75	0,25
	Đất xám, nâu đỏ	7	1,36	0,19
	Đất phù sa, phù sa phì nhiều	6,5	1,26	0,18
	Sét phì nhiều	4,5	0,88	0,13
	Đất xám bạc màu	4	0,78	0,11
	Đất sét	3	0,58	0,08
	Đá gốc	2	0,39	0,06

Theo Bảng 4.7, mức độ ảnh hưởng của loại đất đến tiềm năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất được xác định như sau:

$$\text{Ảnh hưởng của loại đất} = 0,25 \cdot \text{cát} + 0,19 \cdot \text{đất xám} + 0,18 \cdot \text{đất phù sa} + 0,13 \cdot \text{đất sét phì nhiêu} + 0,11 \cdot \text{đất xám} + 0,08 \cdot \text{đất sét} + 0,06 \cdot \text{đá gốc} \quad (4.9)$$

Công thức (4.9) cho thấy đất cát với cấu trúc hạt rời, độ lỗ hổng cao dễ dàng cho nước di chuyển qua nên có ảnh hưởng lớn nhất đến bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất, sau đó đến loại đất khác như đất xám, đất phù sa... và ít ảnh hưởng nhất đến bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất là đất sét và đá gốc.



Hình 4.11. Ảnh hưởng của loại đất đến bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất

Hình 4.11 cho thấy, các loại đất cát (trọng số ảnh hưởng 0,25) phân bố chủ yếu phía trên đồng bằng, khu vực Hà Nội, Vĩnh Phúc, nhất là các dải ven sông. Các khu vực này đặc trưng cho khả năng thấm nước và vận chuyển nước tốt. Khoảng hơn 45% diện tích ĐBSH là đất xám, phù sa và đất sét phì nhiêu (trọng số ảnh hưởng 0,13 đến 0,19), đặc trưng cho bởi tính thấm nước trung bình tốt đến trung bình. Đất feralit ở rìa Tây Bắc và Tây Nam đồng bằng (khoảng 7%) và đất chua, mặn, đất sét (trọng số ảnh hưởng 0,08) phân bố ở dải ven biển từ Hải Phòng đến Ninh Bình (khoảng 28%). Các loại đất này được đặc trưng bởi tính chất thấm từ kém đến trung bình kém.

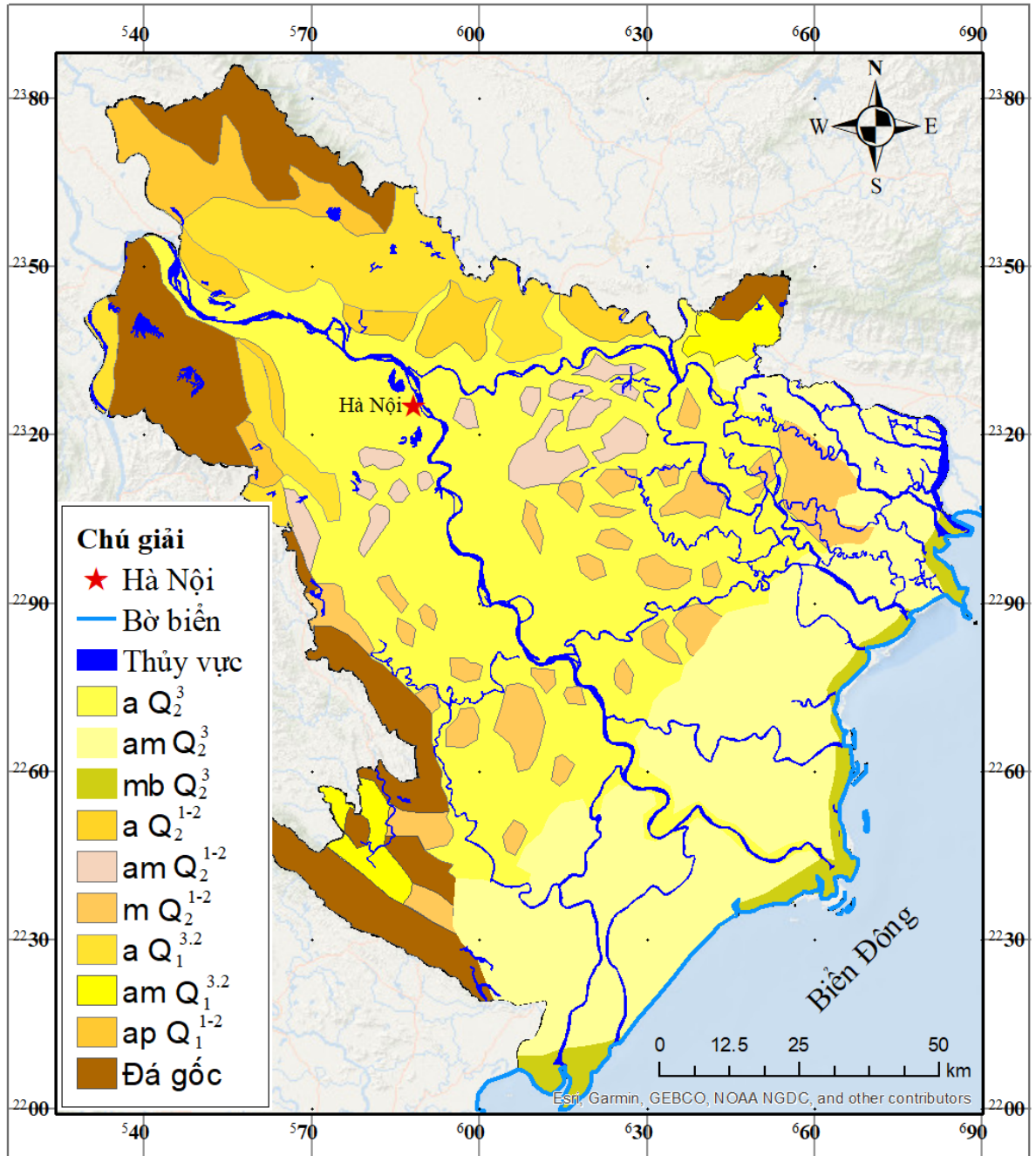
#### 4.2.4. Trầm tích Đệ tứ và đá gốc

Dữ liệu trầm tích Đệ tứ và đá gốc khu vực nghiên cứu (Hình 4.12) được số hóa từ bản đồ trầm tích Đệ tứ của Doãn Đình Lâm (2003) (Hình 2.1). Thành phần lớp trầm tích được mô tả trong Bảng 4.8.

Bảng 4.8. Mô tả trầm tích Đệ tứ và đá gốc vùng ĐBSH

TT	Ký hiệu	Tên thành tạo	Thành phần	Mô tả
		<b><u>Trầm tích Holocen</u></b>		
1	aQ <sub>2</sub> <sup>3</sup>	Trầm tích aluvi Holocen trên	Sét bột pha cát	xám nâu, nâu thẫm
2	amQ <sub>2</sub> <sup>3</sup>	Trầm tích sông biển Holocen trên	Sét, bột cát	xám, xám đen nhạt, có hóa thạch
3	mbQ <sub>2</sub> <sup>3</sup>	Trầm tích đầm lầy ven biển Holocen trên	Sét, bột cát	xám, đen xám
4	aQ <sub>2</sub> <sup>1-2</sup>	Trầm tích aluvi Holocen dưới, giữa	Sét bột, bột cát	nâu xám
5	mQ <sub>2</sub> <sup>1-2</sup>	Trầm tích biển Holocen dưới, giữa	Sét bột, cát	xám chứa di tích vi cổ sinh
6	amQ <sub>2</sub> <sup>1-2</sup>	Trầm tích sông biển Holocen dưới, giữa	Sét bột, bột cát	xám nhạt, xám thẫm
		<b><u>Trầm tích Pleistocen</u></b>		
7	aQ <sub>1</sub> <sup>3-2</sup>	Trầm tích aluvi Pleistocen trên	Sét bột, cát	xám nâu đỏ, vàng đỏ
8	amQ <sub>1</sub> <sup>3-2</sup>	Trầm tích sông biển Pleistocen trên	Sét, bột cát	xám vàng, nâu đỏ

TT	Ký hiệu	Tên thành tạo	Thành phần	Mô tả
9	ap Q <sub>1</sub> <sup>1-2</sup>	Trầm tích aluvi-proluvi Pleistocen dưới giữa	Cát sạn, sét bột	xám nhạt xám thẫm
10	Đá gốc	Đá gốc trước Đệ tứ	Đá gốc	không thẫm



Hình 4.12. Phân bố của trầm tích Đệ tứ và đá gốc khu vực nghiên cứu

Thang điểm và trọng số của yếu tố trầm tích Đệ tứ và đá gốc được lấy từ bảng hỏi của chuyên gia (PHỤ LỤC 7) và trình bày trong Bảng 4.9, trọng số cao thì mức

độ ảnh hưởng của yếu tố trầm tích Đệ tứ và đá gốc đến khả năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất cao và ngược lại.

Bảng 4.9. Thang điểm và trọng số ảnh hưởng của yếu tố trầm tích Đệ tứ và đá gốc

Yếu tố	Chỉ số	Điểm	Tổng	Trọng số chuẩn hóa
Trầm tích Đệ tứ và đá gốc (LG)	Cát sạn	9	1,71	0,29
	Sét bột, cát	7,5	1,43	0,24
	Sét bột cát bột	6	1,14	0,19
	Sét cát bột	5	0,95	0,16
	Sét	2	0,38	0,06
	Đá gốc	2	0,38	0,06

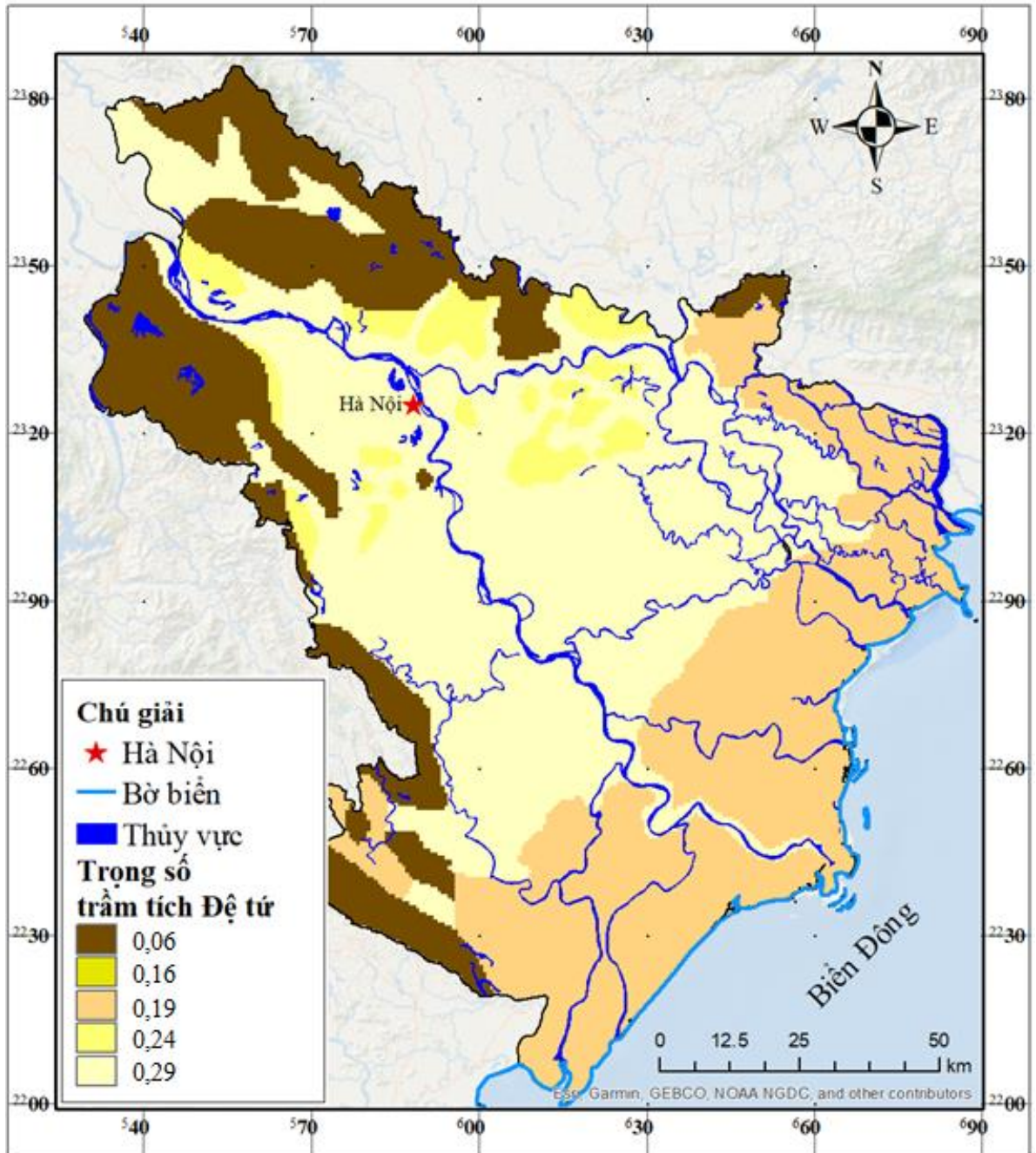
Theo Bảng 4.9, mức độ ảnh hưởng của loại đất đến tiềm năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất được xác định như sau:

$$\text{Ảnh hưởng của trầm tích Đệ tứ và đá gốc} = 0,29 \cdot \text{cát sạn} + 0,24 \cdot \text{sét bột, cát} + 0,19 \cdot \text{cát bột, sét bột} + 0,16 \cdot \text{sét cát bột} + 0,06 \cdot \text{sét} + 0,06 \cdot \text{đá gốc} \quad (4.10)$$

Công thức (4.10) cho thấy trầm tích là cát, sét bột pha cát (trọng số từ 0,19 đến 0,29) có độ lỗ hổng cao đến trung bình nên ảnh hưởng lớn nhất đến bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất, sau đó đến sét bột, cát bột... và cuối cùng là sét, đá gốc.

Khả năng lưu trữ, độ thấm, vận tốc dòng chảy, chiều cao mực nước dưới đất... của TCN thay đổi phụ thuộc vào đặc điểm trầm tích của khu vực. Trong khu vực, TCN Holocen hình thành từ các trầm tích của hệ tầng Thái Bình và phần trên hệ tầng Hải Hưng. Đây là các hệ tầng có thành phần cấu tạo là cát hạt trung, cát hạt mịn, cát pha, ở đáy có lẫn sạn sỏi và ít cuội nhỏ. Độ lỗ hổng của đất đá trong TCN này có xu hướng giảm dần từ trung sông Hồng đến rìa thung lũng và từ đỉnh đồng bằng ra biển. TCN Pleistocen hình thành từ các trầm tích hạt thô của hệ tầng Lệ Chi, hệ tầng Hà Nội và hệ tầng Vĩnh Phúc, gồm cuội sạn sỏi lẫn cát thô; phần giữa là các hạt mịn hơn như cát, cát hạt mịn, cát hạt trung có khả năng giữ nước và vận chuyển nước tốt, hình thành nên tầng chứa nước Pleistocen.

Các thành tạo sớm giữa hệ tầng Hải Hưng và các trầm tích sông biển, trầm tích sông hồ đầm lầy của hệ tầng Thái Bình với thành phần sét, sét bột, than bùn, sét cát màu xám vàng, xám đen có bề mặt bị phong hóa hình thành nên các lớp cách hoặc tương đối cách nước (thấm nước yếu).



Hình 4.13. Ảnh hưởng của trầm tích Đệ tứ và đá gốc đến bổ cập nước dưới đất

Hình 4.13 cho thấy, trầm tích aluvi - proluvi Pleistocen ( $ap Q_1^{1-2}$ ) lộ ra phía đỉnh của đồng bằng (rìa Tây Bắc, Bắc) thành phần gồm cát sạn, sét bột (trọng số 0,24 đến 0,29) có khả năng tiếp nhận và vận chuyển nước mưa cho nước dưới đất cao. Trầm tích aluvi Holocen trên ( $aQ^{2-3}$ ) thành phần gồm sét bột pha cát và trầm tích sông biển Holocen trên ( $amQ^{2-3}$ ) thành phần gồm sét, bột cát (trọng số 0,06 đến 0,16) lộ ra ở hầu hết về phía biển của ĐBSH (phía Đông, Đông Nam) gồm các tỉnh Nam Định,

Thái Bình, Hải Phòng... đặc trưng cho khả năng tiếp nhận và vận chuyển nước kém. Đặc biệt là các khu vực có trầm tích bề mặt là sét gần như không thấm nước.

#### 4.2.5. Mục nước dưới đất

Đặc điểm mục nước dưới đất phản ánh quan hệ giữa giá trị cung cấp và thoát của NĐĐ. Khi mục nước dưới đất dâng cao chứng tỏ vào khoảng thời gian đó giá trị cung cấp lớn hơn thoát và ngược lại.

Ở ĐBSH, mục nước dưới đất phụ thuộc động thái của các TCN và liên quan chặt chẽ vào chiều dày của đới không bão hòa, các điều kiện thủy văn, khí hậu và các hoạt động khai thác, sử dụng nước.

Mục nước dưới đất tại 128 lỗ khoan quan trắc được đo trong quá trình lấy mẫu và phân chia thành 05 độ sâu khác nhau. Đây là mục nước dưới đất của tầng chứa nước Holocen (qh2). Thang điểm và trọng số của yếu tố mục nước dưới đất được lấy từ bảng hỏi của chuyên gia (PHỤ LỤC 7) và cho trong Bảng 4.10. Trọng số cao thì mức độ ảnh hưởng của yếu tố mục nước dưới đất đến khả năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất cao và ngược lại.

Bảng 4.10. Trọng số ảnh hưởng của yếu tố mục nước dưới đất

Yếu tố	Chỉ số	Điểm	Tổng	Trọng số chuẩn hóa
Mục nước dưới đất	>0 - 3	9	1,55	0,31
	>3 - 5	8	1,38	0,28
	>5 - 7.5	6	1,03	0,21
	> 7.5 - 10	4	0,69	0,14
	>10	2	0,34	0,07

Theo Bảng 4.10, mức độ ảnh hưởng của mục nước dưới đất đến tiềm năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất được xác định như sau:

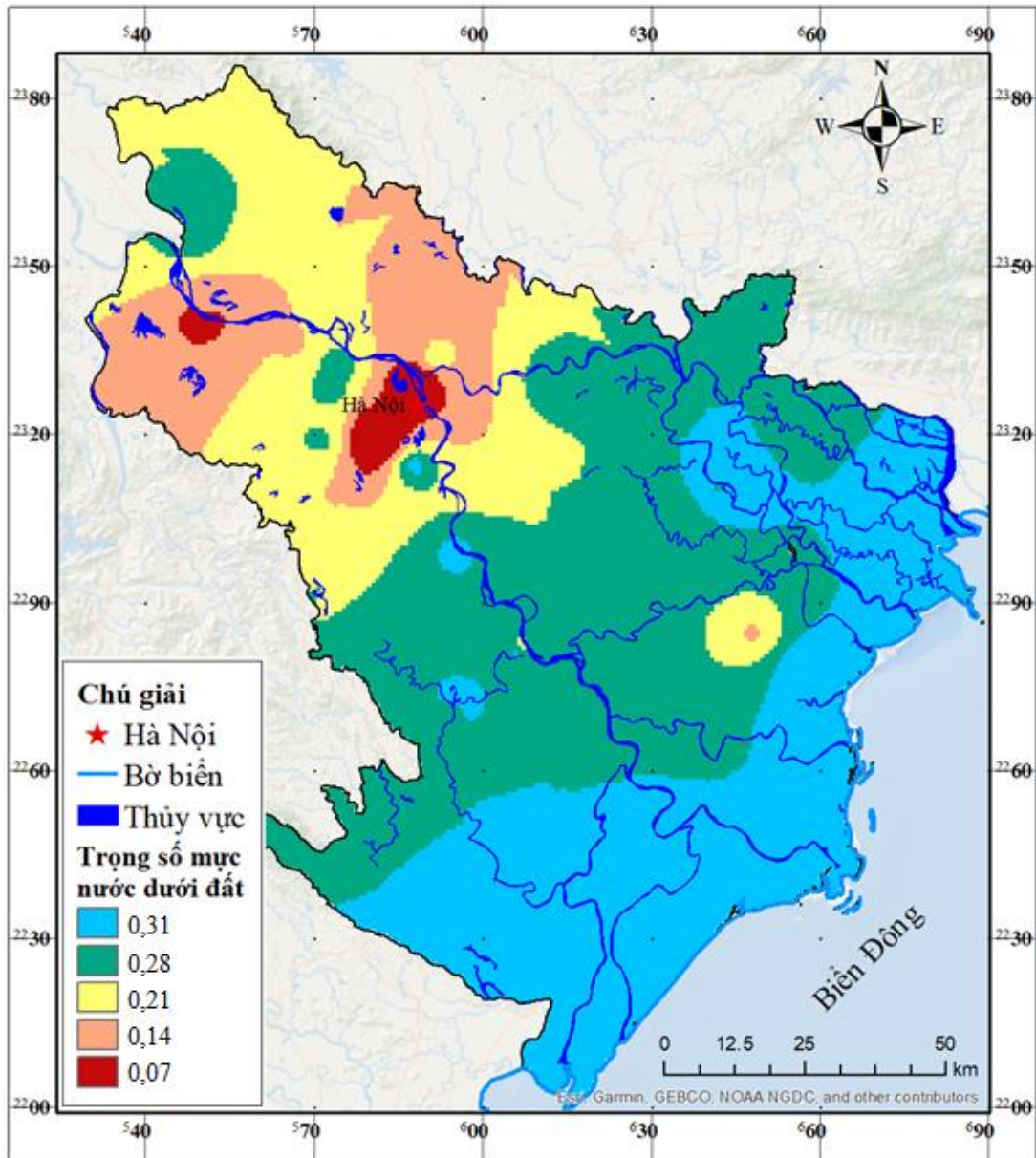
$$\begin{aligned} \text{Ảnh hưởng của mục nước dưới đất} = & 0,31*(\text{mục nước } 0-3\text{m}) + \\ & 0,28*(\text{mục nước } 3-5\text{m}) + 0,21*(\text{mục nước } 5-7,5\text{m}) + 0,14*(\text{mục nước } \\ & 7,5-10\text{m}) + 0,07*(\text{mục nước } >10\text{m}) \end{aligned} \quad (4.11)$$

Công thức (4.11) cho thấy mục nước dưới đất càng nông thì khả năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất càng cao và ngược lại.

Hình 4.14, Bảng 4.10 cho thấy, gần các khu vực ven biển, mục nước dưới đất thường nông, phân bố ở độ sâu cách mặt đất từ dưới 1 đến 3m chiếm 32% diện tích. Quan sát mục nước dưới đất các khu vực Hải Dương, Nam Định, Hải Phòng, Thái Bình, Ninh Bình cho thấy, mục nước dưới đất TCN qh2 của các khu vực này có quan hệ chặt chẽ với lượng mưa. Về mùa mưa sau mỗi trận mưa rào, mục nước dưới đất



dâng cao, tầng chứa nước gần như đã bão hòa, mực nước trong các giếng đào gần như ngang bằng với mặt đất. Giá trị mực nước dưới đất sâu, khoảng 1,5% diện tích nghiên cứu, thường thấy ở các khu đô thị lớn, các khu công nghiệp. Giá trị mực nước dưới đất sâu nhất được tìm thấy ở Hà Nội (> 10m). Mực nước dưới đất càng sâu, bề dày đới thông khí càng lớn, thời gian nước mưa, nước mặt vận động trong đới thông khí để bổ sung cho nước dưới đất lâu và ngược lại.



Hình 4.14. Ảnh hưởng của mực nước dưới đất đến khả năng bổ cập

#### 4.2.6. Địa mạo

ĐBSH có gần 70% diện tích có hình thái địa hình trên đồng bằng châu thổ nguồn gốc sông, nguồn gốc hỗn hợp sông - biển và nguồn gốc biển. Đặc điểm của địa hình dạng này là có độ cao tương đối thấp, trung bình từ dưới 1m đến 5m, một số

nơi cao từ 7m đến 15m. Hơn 30% diện tích còn lại có i) địa hình là bề mặt bào mòn - rửa lũa trên núi đá vôi có độ cao thay đổi 500 - 900m; ii) địa hình là bề mặt bào mòn - xâm thực trên các đá khác với đặc trưng là đồi sót ở đồng bằng (đồi thấp (độ cao < 50m) và đồi cao (> 50m)) và các khối núi đá vôi có độ cao thay đổi 100 - 200m.

NCS phân chia vùng ĐBSH thành 4 loại địa mạo dựa theo độ cao của địa hình gồm đồng bằng (các khu vực có độ cao từ dưới 1m đến 7 - 15m); địa hình trung bình là các đồi sót thấp (từ trên 15m đến 50m), địa hình cao vừa (đồi trên 50m đến các dãy núi 100 - 200m) và cao (thuộc các dãy núi 800 - 900m).

Thang điểm và trọng số của yếu tố địa mạo được lấy từ bảng hỏi của chuyên gia (PHỤ LỤC 7) và trình bày trong Bảng 4.11. Trọng số cao ứng với mức độ ảnh hưởng của yếu tố địa mạo đến khả năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất cao và ngược lại.

Bảng 4.11. Thang điểm và trọng số ảnh hưởng của yếu tố địa mạo

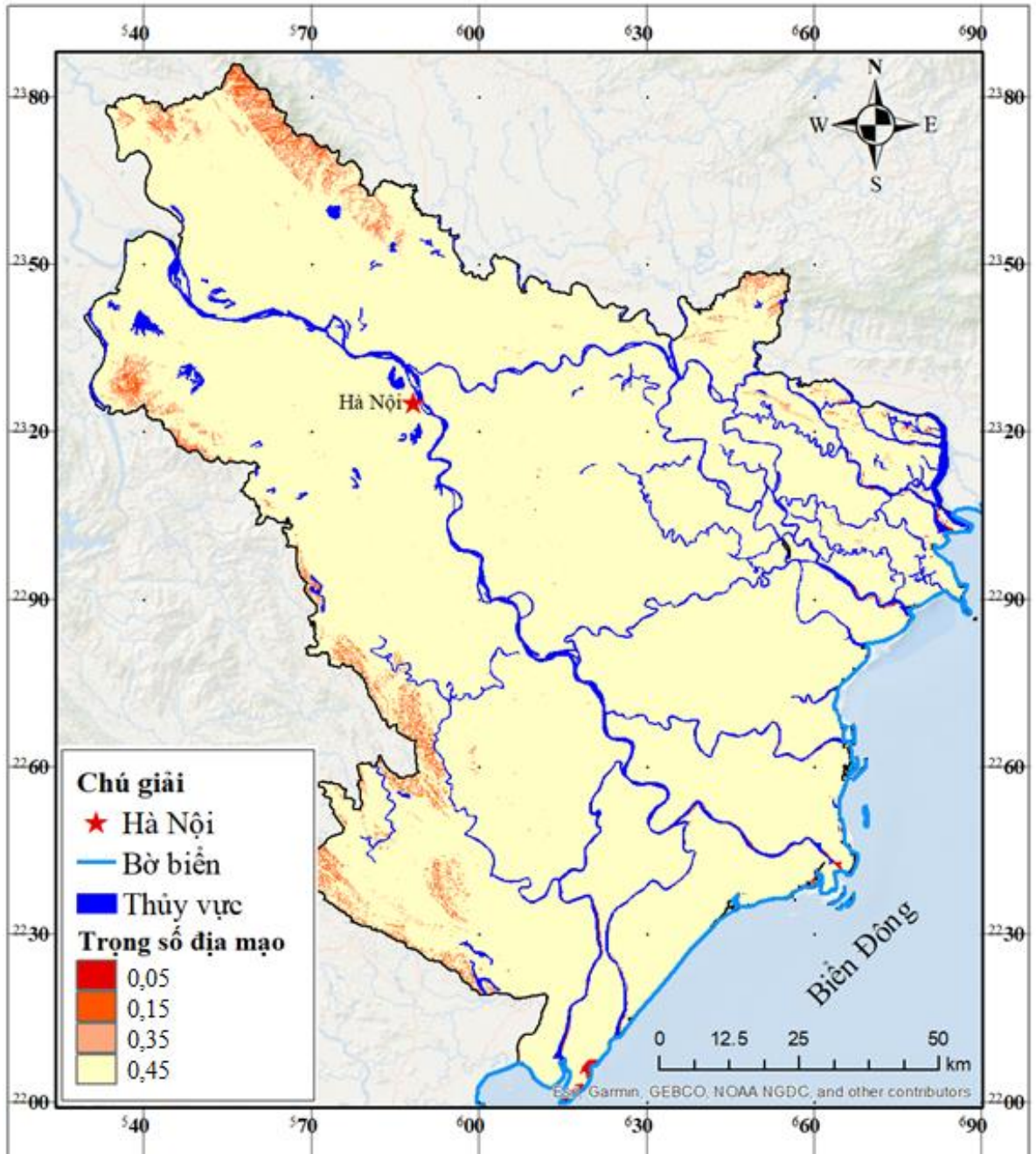
<b>Yếu tố</b>	<b>Chỉ số</b>	<b>Điểm</b>	<b>Trung bình</b>	<b>Trọng số chuẩn hóa</b>
Địa mạo (GG)	Đồng bằng	9	1,8	0,45
	Địa hình t.bình	7	1,4	0,35
	Địa hình cao vừa	3	0,6	0,15
	Địa hình cao	1	0,2	0,05

Theo Bảng 4.11, mức độ ảnh hưởng của địa mạo đến tiềm năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất được xác định như sau:

$$\text{Ảnh hưởng của địa mạo} = 0,45 \cdot \text{đồng bằng} + 0,35 \cdot \text{địa hình t.bình} + 0,15 \cdot \text{địa hình cao vừa} + 0,05 \cdot \text{địa hình cao} \quad (4.12)$$

Công thức (4.12) cho thấy địa hình càng cao thì khả năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất càng thấp.

Hình 4.15 cho thấy, nhìn chung, ĐBSH có địa hình đồng bằng (trọng số 0,45) là chủ yếu. Với những địa hình bằng phẳng, mực nước dưới đất thường nằm nông nên nước mưa dễ dàng bổ sung cho nước dưới đất khu vực. Địa hình đồi sót với cao độ trung bình (trọng số 0,35) gặp rải rác trên khu vực đồng bằng ở Hà Nam, Hà Nội... và địa hình núi cao ở rìa Tây, Tây Bắc, Bắc và Đông Bắc của đồng bằng (trọng số 0,05). Ở những địa hình núi cao, mực nước dưới đất nằm sâu, chiều dày đới thông khí lớn nên khả năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất nhỏ.



Hình 4.15. Ảnh hưởng của địa mạo đến tiềm năng bổ cập nước dưới đất

#### 4.2.7. Độ dốc địa hình

Độ dốc là tốc độ thay đổi độ cao của địa hình và được coi là yếu tố chính hình thành nên dòng chảy tràn mặt. Trong một số nghiên cứu về dòng chảy và trữ lượng nước dưới đất, ảnh hưởng của độ dốc thường bị bỏ qua, đặc biệt là ở những nơi có địa hình ít đồi núi (Saud, 2010). Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu cho thấy, sự chênh lệch độ dốc ảnh hưởng trực tiếp đến lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất. Độ dốc tỷ lệ thuận với dòng chảy tràn, do đó, những vùng có độ dốc lớn thường có lượng bổ cập cho nước dưới đất nhỏ. Độ dốc được ước tính từ Mô hình số độ cao (DEM), được

lấy từ đường đồng mức trong bản đồ địa hình. Theo CDA (1974), độ dốc địa hình có thể chia như Bảng 4.12.

Bảng 4.12. Phân loại độ dốc địa hình (Nguồn: CAD, 1974)

TT	Mô tả	Độ dốc địa hình (%)	Phân loại
1	Địa hình đơn giản, bề mặt thông thường	0 - 0.5	Gần bằng phẳng (A)
2		> 0.5 - 2	Hơi dốc (B)
3		> 2 - 5	Dốc vừa (C)
4		> 5 - 9	Dốc trung bình (D)
5		> 9 - 15	Rất dốc (E)
6		> 15 - 30	Dốc đứng, khó lên (F)
7		> 30	Dốc rất đứng (G)

NCS thành lập lớp dữ liệu độ dốc địa hình ĐBSH và chia lớp dữ liệu độ dốc (tính theo phần trăm) với độ dốc từ 0 đến hơn 26%. Thang điểm và trọng số của yếu tố độ dốc địa hình được lấy từ bảng hỏi của chuyên gia (PHỤ LỤC 7) và cho trong Bảng 4.13. Trọng số cao ứng với mức độ ảnh hưởng của yếu tố độ dốc địa hình đến khả năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất cao và ngược lại.

Bảng 4.13. Thang điểm và trọng số ảnh hưởng của yếu tố độ dốc địa hình

Yếu tố	Chỉ số	Điểm	Trung bình	Trọng số chuẩn hóa
Độ dốc địa hình (SG %)	0 - 5	9	1,61	0,32
	> 5 - 9	7	1,25	0,25
	>9 - 15	6	1,07	0,21
	>15 - 30	4	0,71	0,14
	> 30	2	0,36	0,07

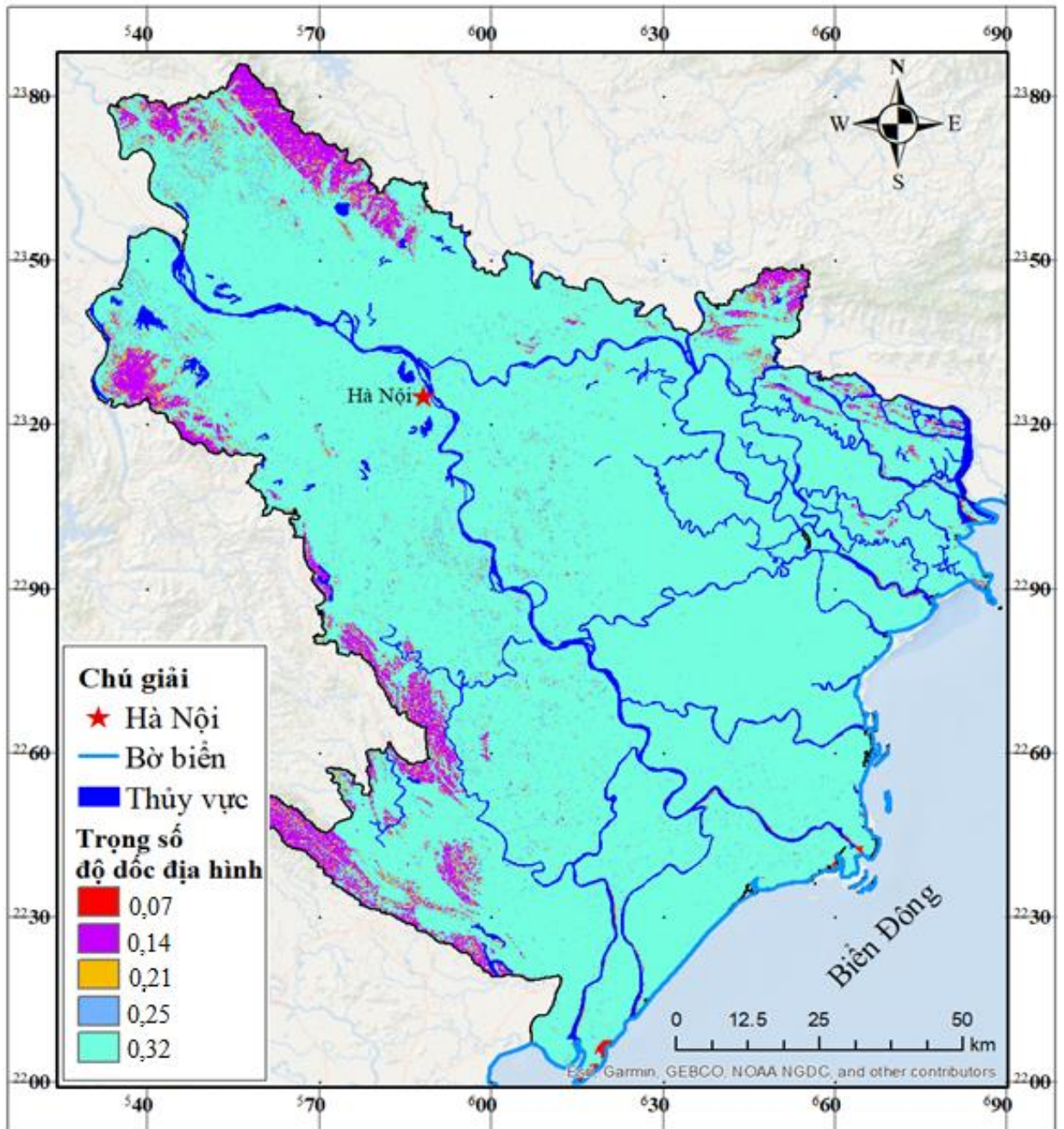
Theo Bảng 4.13, mức độ ảnh hưởng của độ dốc địa hình đến tiềm năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất được xác định như sau:

$$\text{Ảnh hưởng của độ dốc địa hình} = 0,32 * (\text{độ dốc } 0-5\%) + 0,25 * (\text{độ dốc } 5-9\%) + 0,21 * (\text{độ dốc } 9-15\%) + 0,14 * (\text{độ dốc } 15-30\%) + 0,05 * (\text{độ dốc } >30\%) \quad (4.13)$$

Công thức (4.13) cho thấy những khu vực có độ dốc địa hình càng cao thì khả năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất càng thấp.

Hình 4.16 cho thấy ĐBSH có độ dốc chủ yếu là từ bằng phẳng đến dốc vừa, tương ứng từ 0 đến 5% (trọng số 0,32) chiếm 70% diện tích, độ dốc địa hình lớn hơn 26% (trọng số 0,07 đến 0,14) chỉ chiếm 5% diện tích. Những khu vực có độ dốc vừa

hay địa hình bằng phẳng là điều kiện lý tưởng để nước mưa bổ sung cho nước dưới đất do dòng chảy bề mặt chậm, nước mưa có nhiều thời gian để thấm vào các TCN bên dưới. Ở khu vực rìa đồng bằng, địa hình núi cao có độ dốc lớn, dốc đứng ( $> 26\%$ ) nên lượng bổ cập từ nước mưa sẽ ít hơn khu vực đồng bằng do khi mưa xuống sẽ hình thành dòng chảy mặt.



Hình 4.16. Ảnh hưởng của độ dốc địa hình đến tiềm năng bổ cập nước dưới đất

#### 4.2.8. Mật độ sông suối

Mật độ sông suối là tổng chiều dài của tất cả các sông trong lưu vực chia cho tổng diện tích của lưu vực. Việc phân tích cấu trúc của mạng lưới sông suối giúp đánh giá các đặc điểm của vùng bổ cập nước dưới đất. Khả năng bổ cập của một mạng lưới sông suối phụ thuộc vào điều kiện trầm tích, độ dốc khu vực. Mật độ sông suối  $D_d$  [ $L^{-1}$ ], theo định nghĩa của (Greenbaum D., 1985) cho biết tổng chiều dài sông suối trong một đơn vị diện tích được xác định bởi:

$$D_d = \frac{\sum_1^n S_i}{A} \quad (4.14)$$

Trong đó  $\sum_1^n S_i$  biểu thị tổng chiều dài sông suối [L].  $D_d$  có tương quan đáng kể với việc bổ cập nước dưới đất: một khu vực có  $D_d$  cao có mức độ bổ cập nước dưới đất cao.

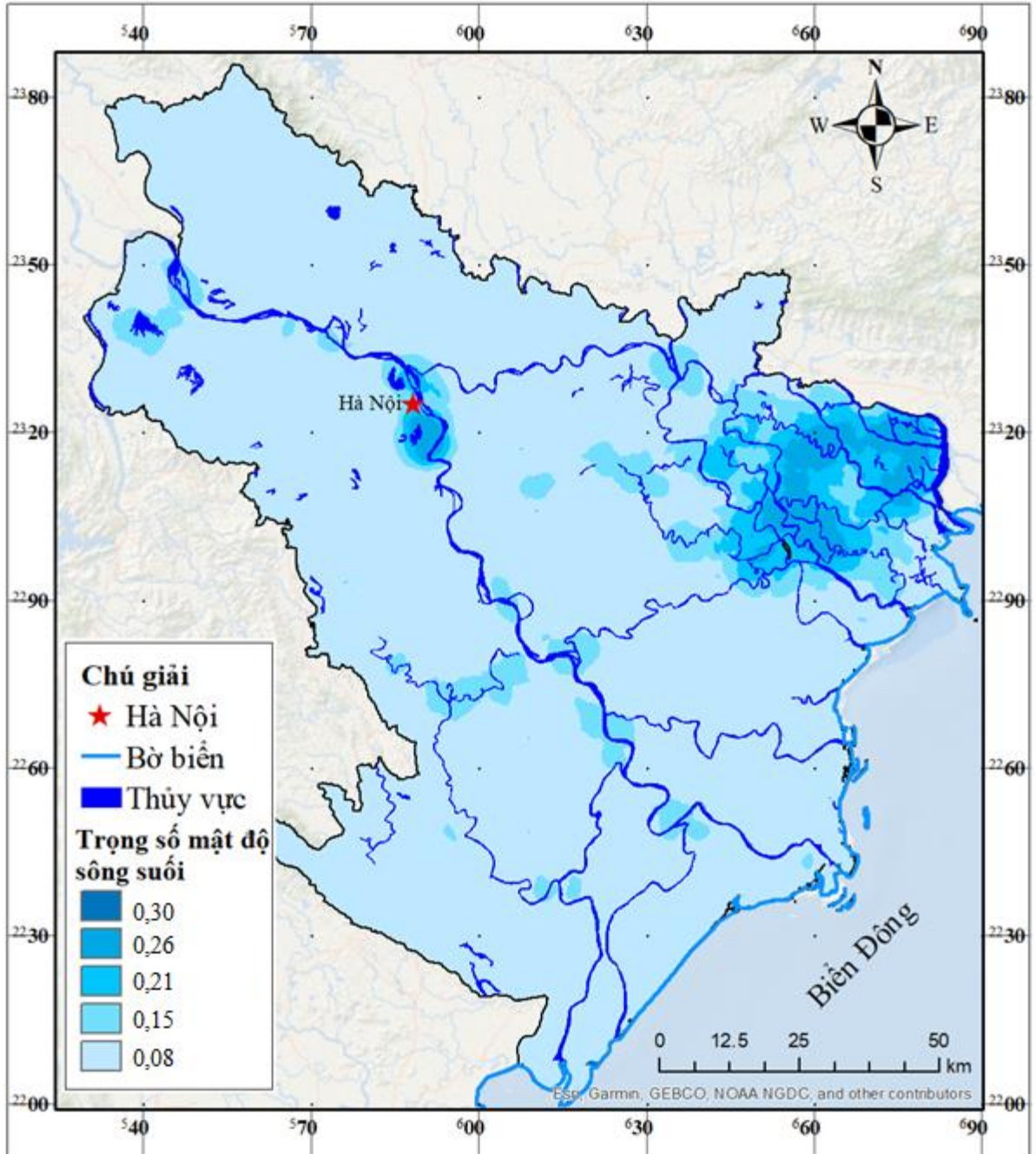
Bảng 4.14. Phân cấp mật độ sông suối (Nguồn: Lê Văn Nghinh, 2000)

TT	Phân cấp	Giá trị D	Miêu tả
1	Cấp 1	D = 1,5-2,0	Mật độ sông suối rất dày
2	Cấp 2	D = 1,5-2,0	Mật độ sông suối dày
3	Cấp 3	D = 1,5-2,0	Mật độ sông suối tương đối dày
4	Cấp 4	D < 0,5	Mật độ sông suối thưa

Thang điểm và trọng số của yếu tố mật độ sông suối được lấy từ bảng hỏi của chuyên gia (PHỤ LỤC 7) và cho trong Bảng 4.15. Trọng số cao ứng với mức độ ảnh hưởng của yếu tố mật độ sông suối đến khả năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất cao và ngược lại.

Bảng 4.15. Thang điểm và trọng số ảnh hưởng của yếu tố mật độ sông suối

Yếu tố	Chỉ số	Điểm	Trung bình	Trọng số chuẩn hóa
Mật độ sông suối (DS, km/km <sup>2</sup> )	> 1,0 - 1,40	8	1,51	0,30
	> 0,75 - 1,00	7	1,32	0,26
	> 0,5 - 0,75	5,5	1,04	0,21
	> 0,25 - 0,5	4	0,75	0,15
	0,00 - 0,25	2	0,38	0,08



Hình 4.17. Ảnh hưởng của mật độ sông suối đến khả năng bổ cập

Hệ thống sông suối bị chi phối bởi các dòng chảy theo mùa. Sông suối càng dày mật độ sông suối hay mật độ lưới sông ( $D$ ) càng lớn. Những vùng có nguồn nước phong phú thì  $D$  thường có giá trị lớn. Mật độ sông suối trung bình của ĐBSH vào khoảng  $0,4 - 0,7 \text{ km/km}^2$  (trọng số 0,21 đến 0,30) nên khả năng bổ cập cho nước dưới đất là tương đối tốt.

### 4.3. PHÂN VÙNG TIỀM NĂNG BỔ CẬP TỪ NƯỚC MƯA CHO NƯỚC DƯỚI ĐẤT

Các yếu tố ảnh hưởng đến lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất được xác định theo mục 4.1.1, 4.1.2 và cho điểm theo bảng hỏi của chuyên gia (mục 4.1.3 và PHỤ LỤC 7). NCS đã áp dụng phương pháp AHP để xác định trọng số ảnh hưởng của từng yếu tố đến khả năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất (Bảng 4.16). Để kiểm nghiệm độ chính xác, chỉ số nhất quán, vec tơ nhất quán và tỉ số nhất quán được tính toán.

Bảng 4.16. Điểm và trọng số của các yếu tố ảnh hưởng

STT	Yếu tố	Ký hiệu	Mô tả	Điểm	Trọng số chuẩn hóa
1	Lượng mưa	RF	Mưa trung bình năm của khu vực	9,5	0,204301
2	Sử dụng đất, lớp phủ	LC	Kiểu và loại lớp phủ bề mặt	8	0,172043
3	Loại đất	SC	Kiểu đất, thành phần đất	7,5	0,161289
4	Trầm tích Đệ tứ và đá gốc	LG	Loại đất đá trầm tích, phong hóa	6,5	0,139786
5	Mức nước dưới đất	GL	Độ sâu mực nước dưới đất	6	0,129033
6	Địa mạo	GG	Kiểu và hình thái địa hình	4	0,086021
7	Độ dốc địa hình	SG	Sự chênh lệch độ cao giữa các điểm	3	0,064516
8	Mật độ sông suối	DS	Chiều dài sông trên 1km <sup>2</sup>	2	0,043010

Chỉ số nhất quán  $CI = 0.00066$  và tỉ số nhất quán là  $CR = 0.00428 (<10\%)$  đảm bảo yêu cầu. Kết quả là có thể chấp nhận được vì nhận định của chuyên gia là tương đối nhất quán.

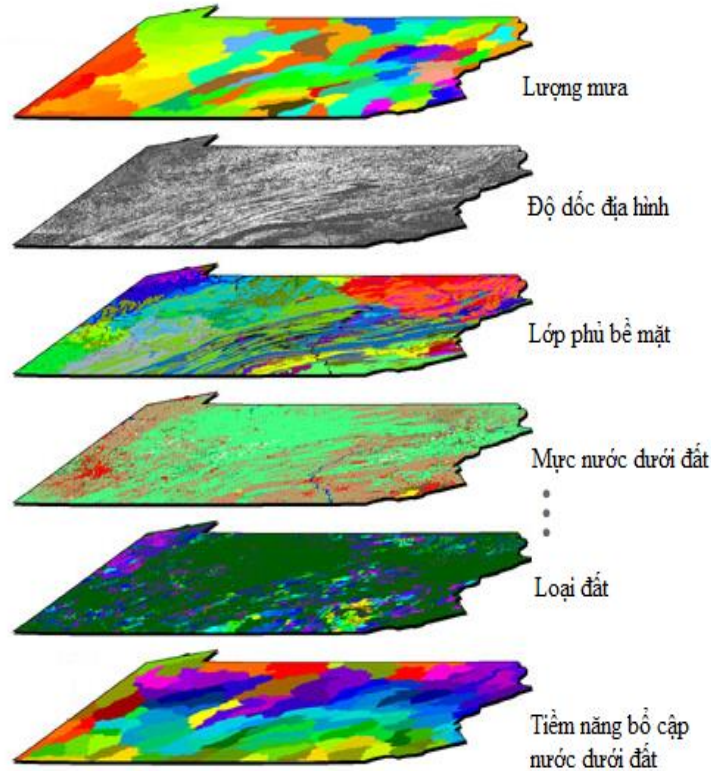
Sau khi xác định trọng số, các lớp dữ liệu được chuyển đổi thành định dạng raster và được thực hiện phân tích không gian trong ArcGIS (Hình 4.18).

Các khu vực bổ cập nước dưới đất được xác định dựa trên chỉ số tiềm năng bổ cập nước dưới đất (GRI) theo công thức (4.7). Chỉ số này được tính toán từ việc phân tích tích hợp tất cả các yếu tố ảnh hưởng đến bổ cập nước dưới đất (Malczewski, 1999):



$$GRI = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n W_j X_i \quad (4.15)$$

Trong đó GRI là chỉ số tiềm năng bổ cập nước dưới đất.  $W_j$  là trọng số ước lượng của đặc tính thứ  $j$  trong yếu tố  $X$ ,  $X_i$  là trọng số ước lượng của yếu tố  $i$ ,  $m$  là tổng số yếu tố,  $n$  là tổng số đặc tính của yếu tố.



Hình 4.18. Phân tích không gian trong ArcGIS

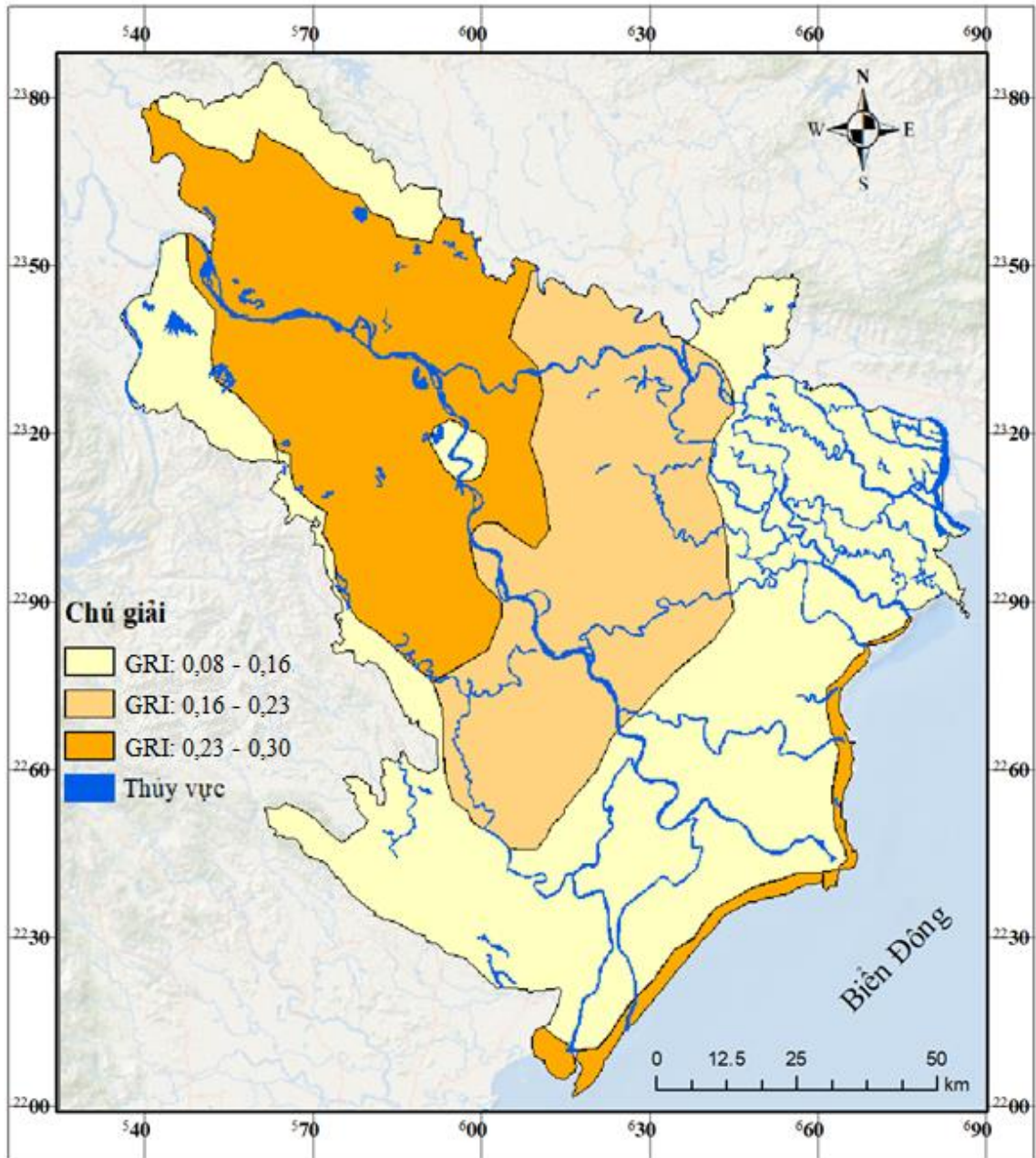
Từ Bảng 4.16 ta thấy, tiềm năng bổ cập nước dưới đất có thể xác định theo công thức sau:

$$\begin{aligned} \text{Tiềm năng bổ cập} = & 0,2043 * \text{lượng mưa} + 0,172 * \text{sử dụng} \\ & \text{đất, lớp phủ} + 0,1619 * \text{loại đất} + 0,1398 * \text{trầm tích đệ tứ, đá gốc} + \\ & 0,129 * \text{mức nước dưới đất} + 0,086 * \text{địa mạo} + 0,0645 * \text{độ dốc địa} \\ & \text{hình} + 0,043 * \text{mật độ sông suối} \end{aligned} \quad (4.16)$$

Công thức trên cho thấy lượng mưa là yếu tố ảnh hưởng nhiều nhất đến tiềm năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất (trọng số 0,2043) sau đó là đến các yếu tố sử dụng đất, lớp phủ, loại đất... Độ dốc địa hình và mật độ sông suối có ảnh hưởng ít nhất trong 8 yếu tố đã nêu (trọng số tương ứng là 0,0645 và 0,043)

Theo công thức (4.15), giá trị GRI sau khi tính toán nằm trong khoảng từ 0,08 đến 0,30 và được phân loại lại thành 3 vùng có tiềm năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất cụ thể như sau vùng I tương ứng với  $0,08 \leq GRI \leq 0,16$ , vùng II tương

ứng với  $0,16 < GRI \leq 0,23$  và vùng III tương ứng với  $0,23 < GRI < 0,30$  (Hình 4.19) (Lê Việt Hùng, 2021).



Hình 4.19. Tiềm năng bổ cập nước dưới đất theo GRI

#### 4.4. KẾT QUẢ XÁC ĐỊNH LƯỢNG BỔ CẬP TỪ NƯỚC MƯA CHO NƯỚC DƯỚI ĐẤT TẦNG CHỨA NƯỚC HOLOCEN VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG.

##### 4.4.1. Sử dụng phương pháp thủy văn đồng vị

4.4.1.1. Sự đóng góp của các thành phần bổ cập từ nước mưa và nước sông vào NDD trầm tích Đệ tứ

a. Xây dựng đường nước khí tượng

Xây dựng đường nước khí tượng để xác định tỷ lệ hòa trộn nước mặt (nước sông) và nước dưới đất.

Hai phương pháp truyền thống thường được sử dụng để xác định LMWL dạng  $\delta^2\text{H} = a\delta^{18}\text{O} + b$  (IAEA, 1992) bao gồm :

- Hồi quy bình phương tối thiểu (Ordinary Least Squares Regression, OLSR)
- Hồi quy trục chính rút gọn (Reduced Major Axis, RMA).

Hồi quy bình phương tối thiểu khái quát hóa sai số - trong - biến (error - in - variables generalised least squared regression) (Argiriou và Lykoudis, 2006) và sử dụng OLSR có trọng số giáng thủy để giảm ảnh hưởng lên MWL của các đợt giáng thủy nhỏ (Hughes và Crawford, 2012). Hầu hết các nghiên cứu sử dụng kỹ thuật hồi quy bình phương tối thiểu để xây dựng MWL.

Hughes và Crawford (2012) đưa ra phương pháp hồi quy có trọng số giáng thủy để xây dựng các đường nước khí tượng là do với lượng giáng thủy nhỏ thì giá trị Deuterium dư (d-dur hay d-excess) thường thấp hơn (trong đó d-dur =  $\delta^2\text{H} - 8\delta^{18}\text{O}$ , (Dansgaard, 1964)). Nguyên nhân có thể do sự tái bay hơi của các giọt nước mưa dưới mây - nền (Jacob và Sonntag, 1991) hoặc độ lệch trong phương pháp lấy mẫu (Froehlich et al., 2002). Sự tái bay hơi dưới mây sẽ che mất dấu hiệu của nguồn gốc độ ẩm và lịch sử dịch chuyển của khối không khí, ngược lại sự bay hơi do phương pháp lấy mẫu được xem là sai số lấy mẫu.

Nước mưa luôn có xu hướng vận động theo phương thẳng đứng từ bề mặt xuống tầng chứa nước bên dưới. Trong khi đó, nước sông lại có mối quan hệ thủy lực phức tạp hơn so với nước mưa và liên quan chặt chẽ tới lượng bổ cập, hoặc nước sông cung cấp cho nước dưới đất hoặc nước dưới đất cung cấp cho nước sông. Theo đó, thông thường, vào mùa mưa, nước sông cung cấp cho nước dưới đất, và ngược lại, vào mùa khô, nước dưới đất cung cấp cho nước sông.

Phương trình cân bằng vào mùa mưa:

$$\begin{aligned}\delta^{18}O_m &= X_1 * \delta^{18}O_s + (1 - X_1) * \delta^{18}O_m \\ \delta^2H_{mn} &= Y_1 * \delta^2H_s + (1 - Y_1) * \delta^2H_m\end{aligned}\quad (4.17)$$

Phương trình cân bằng vào mùa khô:

$$\begin{aligned}\delta^{18}O_s &= X_2 * \delta^{18}O_{mn} + (1 - X_2) * \delta^{18}O_m \\ \delta^2H_s &= Y_2 * \delta^2H_{mn} + (1 - Y_2) * \delta^2H_m\end{aligned}\quad (4.18)$$

Trong đó:

$\delta^{18}O_s, \delta^2H_s$  là giá trị Oxy-18 ( $^{18}\text{O}$ ) và Deuteri ( $^2\text{H}$ ) trong nước sông (‰)

$\delta^{18}O_m, \delta^2H_m$  là giá trị Oxy-18 ( $^{18}\text{O}$ ) và Deuteri ( $^2\text{H}$ ) trong nước mưa (‰)

$\delta^{18}O_m, \delta^2H_m$  là giá trị Oxy-18 ( $^{18}O$ ) và Deuteri ( $^2H$ ) trong nước dưới đất tầng Holocen (‰)

$X_1, Y_1$  là lượng đóng góp của nước sông cung cấp cho nước dưới đất tầng chứa nước Holocen vào mùa mưa tính theo Oxy-18 ( $^{18}O$ ) và Deuterium ( $^2H$ ) (%)

$X_2, Y_2$  là lượng đóng góp của nước dưới đất thoát ra nước sông vào mùa khô tính theo Oxy-18 ( $^{18}O$ ) và Deuterium ( $^2H$ ) (%)

Từ phương trình (4.8) và phương trình (4.9) ta có

$$X_1 = \left[ \frac{\delta^{18}O_{nn} - \delta^{18}O_m}{\delta^{18}O_s - \delta^{18}O_m} \right] * 100\% \quad (4.19)$$

$$Y_1 = \left[ \frac{\delta^2H_{nn} - \delta^2H_m}{\delta^2H_s - \delta^2H_m} \right] * 100\%$$

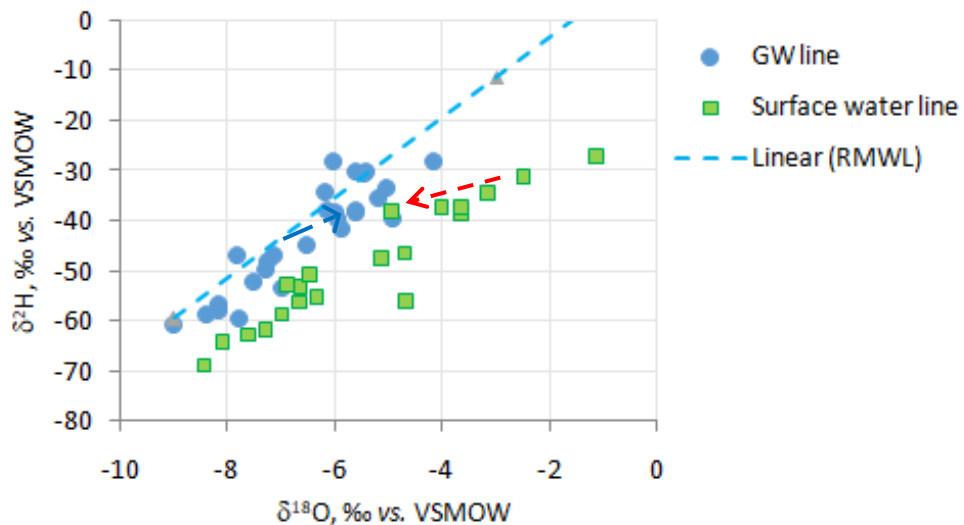
$$X_2 = \left[ \frac{\delta^{18}O_s - \delta^{18}O_m}{\delta^{18}O_{nn} - \delta^{18}O_m} \right] * 100\% \quad (4.20)$$

$$Y_2 = \left[ \frac{\delta^2H_s - \delta^2H_m}{\delta^2H_{nn} - \delta^2H_m} \right] * 100\%$$

### b. Kết quả

Hình 4.20 trình bày các đường nước của các mẫu nước dưới đất và nước mặt được lấy và phân tích cho nghiên cứu này vào mùa khô năm 2020 - 2021. Đường nước khí tượng khu vực (RMWL) đặc trưng cho vùng ĐBSH cũng được trình bày dưới dạng đường không liên tục và được mô tả bởi mô hình dưới đây (D.D Nhan et al, 2013):

$$\delta^2H = (8.04 \pm 0.07). \delta^{18}O + (12.96 \pm 0.15), \text{‰ vs. VSMOW} \quad (4.21)$$



Hình 4.20. Thành phần đồng vị của nước dưới đất (GW line), nước mặt (Surface water line) và đường nước khí tượng khu vực (RMWL) của ĐBSH

Hình 4.20 cho thấy nước dưới đất trong khu vực được bổ cập từ nước mặt (mũi tên đỏ) và nước mưa (mũi tên xanh). Đường nước dưới đất khu vực nghiên cứu (đường chấm không liên tục màu xanh lam) thể hiện lượng bổ cập từ nước mưa và nước mặt, được chỉ ra bởi các mũi tên màu xanh lam và màu đỏ tương ứng. Trong trường hợp này, nước mặt được hiểu là nước từ sông hoặc hồ chứa hiện có xung quanh địa điểm lấy mẫu. Sự đóng góp của nước sông và nước mưa bao gồm cả tưới tiêu và nước thải vào nước dưới đất được tính theo công thức (4.21) sử dụng các giá trị  $\delta^{18}\text{O}$  của các mẫu nước tương ứng. Vì việc lấy mẫu được tiến hành vào mùa khô nên giá trị  $\delta^{18}\text{O}_{\text{Prec}}$  được sử dụng để tính toán là giá trị trung bình của thành phần Oxy-18 trong lượng mưa của mùa mưa trước. Giá trị của  $\delta^{18}\text{O}_{\text{Prec}}$  là -8,38 ‰ được suy ra từ đường khí tượng khu vực (Bảng 4.17).

Bảng 4.17. Sự đóng góp của nước sông, nước mưa vào nước dưới đất trầm tích Đệ tứ ĐBSH

STT	Ký hiệu mẫu	Vị trí lấy mẫu	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SW}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{GW}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Prec}}$	$X_{\text{SW}}$	$Y_{\text{Prec}}$
1	Q83	Phủ Lý, Hà Nam	-4.65	-6.14	-8.38	0.60	0.40
2	Q33	Đông Anh	-3.12	-9.02		1.00	0
3	Q115	Sông Hồ, Bắc Ninh	-6.35	-5.99		0.94	0.06
4	Q158	Cầu lớn sông Hóa	-6.65	-5.89		0.89	0.11
6	Q147	Tứ Kỳ, Hải Dương	-4.71	-8.18		1.00	0
7	Q32	Cầu Đông Trù	-8.10	-8.18		1.00	0
8	Q144	Kim Thanh, Hải Dương	-7.31	-5.96		0.82	0.18
9	Q131	Thị trấn Kim Thành	-3.62	-8.18		1.00	0
10	Q146	Thanh Hà, Hải Dương	-4.03	-4.91		1.00	0
11	Q62	Trung Tụ, Tây Tụ	-5.12	-5.47		1.00	0
12	Q55	Bến phà Liên Hà	-8.45	-6.19		0.73	0.27
13	Q129	Lam Sơn, Hưng Yên	-6.87	-4.15		0.60	0.40
14	Q130	Tiên Lữ, Hưng Yên	-2.51	-5.20		1.00	0
15	Q143	Cầu Phúc Sơn	-7.58	-6.52		0.86	0.14
16	Q167	Cầu Ng. Trường Tộ	-6.64	-5.62		0.85	0.15

STT	Ký hiệu mẫu	Vị trí lấy mẫu	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SW}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{GW}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Prec}}$	X <sub>SW</sub>	Y <sub>Prec</sub>
17	Q168	An Hòa, Hải Phòng	-7.00	-8.78		1.00	0
18	Q15	Kim Anh, Hà Nội	-3.62	-6.04		1.00	0
19	Q116	Gia Động, Bắc Ninh	-4.93	-7.53		1.00	0
20	Q35	Thiết Bình, Đông Anh	-1.10	-5.61		1.00	0

Từ kết quả tính toán được thể hiện trong bảng trên cho thấy đường đồng vị bền NDD ở các vùng thấp hơn của ĐBSH, ví dụ: tại khu vực các giếng khoan Q130, Q131, Q146, Q147 ở Hải Dương, hoặc Q168 ở Hải Phòng. Tại những khu vực này, nước dưới đất được bổ cập từ nước mặt vào mùa khô.

#### 4.4.1.2. Xác định lượng bổ cập từ nước mưa cho NDD trầm tích Đệ tứ đồng bằng sông Hồng

Mẫu đồng vị  $^3\text{H}$  được lấy trong tầng chứa nước qh2 tại 16 lỗ khoan thuộc đồng bằng sông Hồng (PHỤ LỤC 4).

Mẫu nước dưới đất được gửi đến Phòng thí nghiệm Thủy văn đồng vị, viện Khoa học và Kỹ thuật hạt nhân để phân tích triti ( $^3\text{H}$ ), kết quả được thể hiện ở PHỤ LỤC 1. Hoạt độ Triti trong lượng mưa thu được tại trạm Hà Nội (21°02.721 Bắc, 105°47.920 Đông) là  $3,27 \pm 1,41$  TU và trong nước sông Hồng (điểm tại Hà Nội: 21°01,837 Bắc, 105°51,694 Đông) là  $3,94 \pm 1,39$  TU. Giá trị tuổi Triti này được quan trắc từ năm 2002 và cơ bản không thay đổi từ thời điểm quan trắc cho đến nay. Trong nghiên cứu này, NCS lấy tuổi ban đầu Triti của nước mưa tại Hà Nội là  $3,5 \pm 0,4$  TU (theo giá trị quan trắc của IAEA từ 1963 tại trạm Hồng Kông, có vĩ độ gần với vĩ độ của ĐBSH), giá trị hằng số phân rã tính được là  $\lambda = 0,056341$ . Tuổi của tầng chứa nước Holocen qh2 được xác định theo công thức (3.9) và (3.10) tính tuổi đồng vị (mục 3.2.5.2) và thể hiện trong Bảng 4.18.

Bảng 4.18. Kết quả tính tuổi  $^3\text{H}$  tại khu vực nghiên cứu

TT	Công trình	T (TU)		1 $\sigma$	Chiều sâu LK	Tuổi (năm)
1	Q1	2,62	$\pm$	0,18	10,28	5,14
2	Q33	1,04	$\pm$	0,23	12,70	21,54
3	Q83	3,01	$\pm$	0,3	10,20	2,68
4	Q89	3,00	$\pm$	0,17	7,95	2,74

TT	Công trình	T (TU)		1 $\sigma$	Chiều sâu LK	Tuổi (năm)
5	Q115	1,85	±	0,15	17,20	11,32
6	Q108	1,44	±	0,11	14,65	15,76
7	Q109	1,14	±	0,28	11,00	19,91
8	Q110	1,85	±	0,19	9,05	11,32
9	Q145	0,98	±	0,34	10,65	22,59
10	Q147	1,75	±	0,12	12,53	12,30
11	Q158	2,62	±	0,25	6,90	5,14
12	Q159	2,54	±	0,25	9,10	5,69
13	Q164	2,46	±	0,2	11,30	6,26

Theo J.T David (1995) giá trị bổ cập được xác định theo công thức sau:

$$W \geq \frac{CD - (EL - WT)}{A} n \quad (4.22)$$

Trong đó:  $W$  là giá trị cung cấp thấm (m/năm)

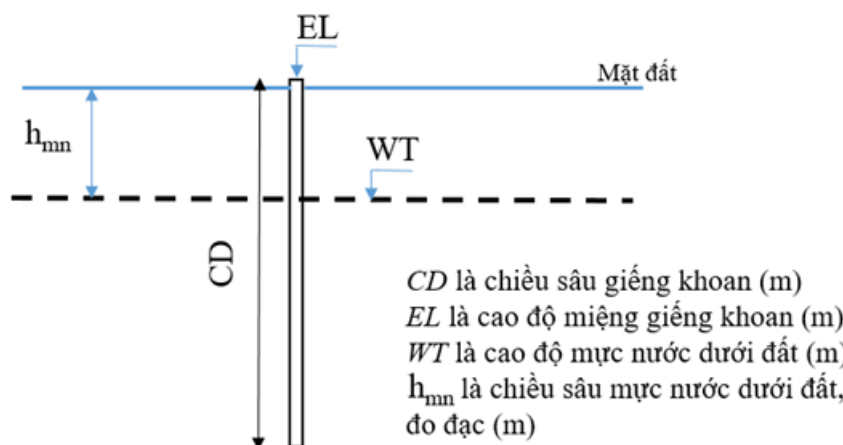
$CD$  là chiều sâu lỗ khoan, vị trí lấy mẫu đồng vị (m)

$EL$  là cao độ miệng lỗ khoan (m)

$WT$  là cao độ mực nước lỗ khoan (m)

$A$  là tuổi của nước trong lỗ khoan

$n$  là độ lỗ rỗng đất đá (%)



Hình 4.21. Mặt cắt mô tả công thức J.T David

Kết quả tính lượng bổ cập cho nước dưới đất theo thành phần đồng vị được thể hiện trong Bảng 4.20. Lượng bổ cập tiềm năng NĐĐ ở ba vùng dự kiến được ước tính dựa trên mối quan hệ giữa tuổi của NĐĐ tính theo  $^3H$  của các mẫu nước dưới đất

và độ sâu của mực nước dưới đất trong các lỗ khoan từ nơi lấy mẫu được thực hiện trong nghiên cứu này.

Tại khu vực phía Hà Nội, NCS có tham khảo thêm giá trị cung cấp thấm TCN Holocen (qh2) tại các lỗ khoan PK06 (Phú Kim, Thạch Thất, Hà Nội), TC02, TC06 (Thượng Cát, Đan Phượng, Hà Nội) của Trần Thành Lê (2011), với các giá trị trong Bảng 4.19.

Bảng 4.19. Giá trị cung cấp thấm TCN Holocen (qh2) tại PK06, TC02, TC06 (Nguồn: Trần Thành Lê, 2011)

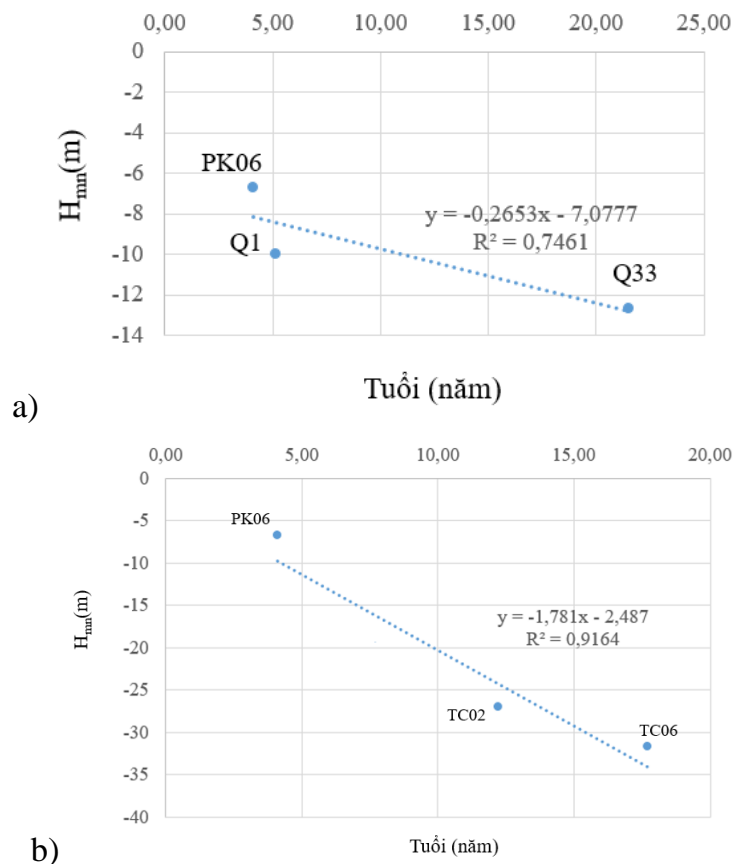
TT	Tên lỗ khoan	Độ sâu LK (m) CD	Cao độ miệng giếng (m) EL	Cao độ mực nước (m) WT	Tuổi A (năm)	Độ lỗ rỗng đất đá n (%)	Giá trị cung cấp thấm (W) (mm/năm)
1	PK06	6,7	8,424	7,174	4,1	0,32	425,37
2	TC02	27	10,238	6,318	12,2	0,32	605,38
3	TC06	31,65	10,327	7,617	17,7	0,32	523,21

Bảng 4.20. Giá trị cung cấp thấm TCN Holocen (qh2)

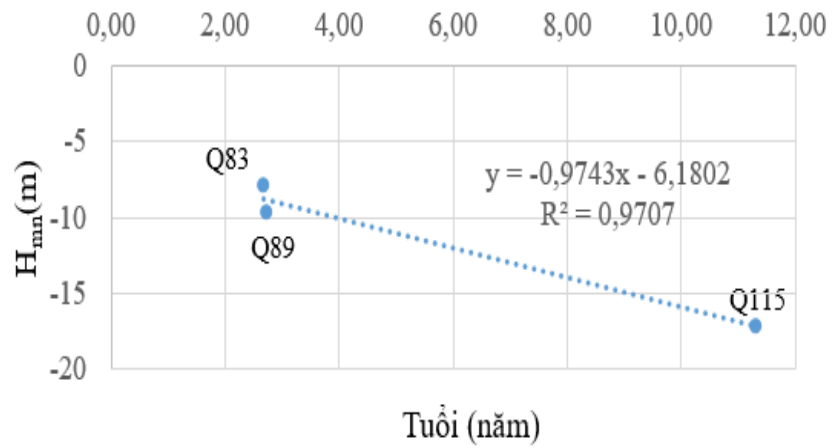
TT	Công trình	Độ sâu (m) CD	Cao độ miệng giếng (m) EL	Cao độ mực nước (m) WT	Tuổi A (năm)	Độ lỗ rỗng đất đá n (%)	Giá trị cung cấp thấm (W) (mm/năm)
1	Q1	10,28	15,867	13,04	5,14	0,32	464,01
2	Q33	12,7	6,534	2,39	21,54	0,32	127,11
3	Q83	7,95	4,495	1,11	2,68	0,25	426,33
4	Q89	9,69	7,043	1,42	2,74	0,25	371,62
5	Q115	17,2	4,452	1,66	11,32	0,25	318,30
6	Q108	14,65	1,617	1,29	15,76	0,2	181,73
7	Q109	11	1,4	0,97	19,91	0,2	106,18
8	Q110	9,05	1,243	0,23	11,32	0,2	142,04
9	Q145	10,65	1,865	1,27	22,59	0,2	89,01
10	Q147	12,53	2,41	0,36	12,30	0,2	170,37
11	Q158	6,9	1,334	0,80	5,14	0,2	247,71
12	Q159	9,1	2,474	1,09	5,69	0,2	271,20
13	Q164	11,3	2,921	0,76	6,26	0,2	292,06



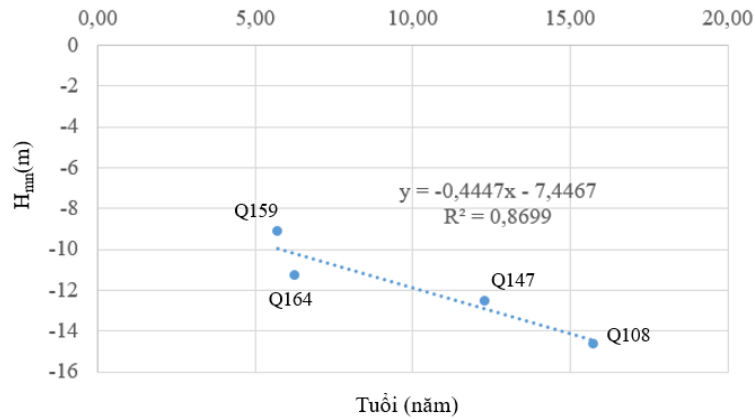
Tại khu vực Vĩnh Phúc, Hà Nội, các lỗ khoan Q1, Q33, PK06, TC02, TC06 (xem Hình 4.25) có giá trị cung cấp thấm trung bình 429mm/năm. Đây là khu vực có lượng mưa vừa đến mưa cao; thành phần trầm tích chủ yếu là cát hạt nhỏ, sạn, đất chủ yếu là đất phù sa, đất cát, loại hình sử dụng đất chủ yếu là đất trồng cây, đất rừng, mực nước dưới đất dao động từ 5 - 7 m (trừ những khu vực trung tâm thành phố). Tại khu vực Hà Nam, Hưng Yên, một phần Nam Định và Thái Bình, các lỗ khoan Q83, Q89, Q115 (xem Hình 4.25) có giá trị cung cấp thấm trung bình là 372mm/năm, đây là khu vực có lượng mưa vừa, thành phần trầm tích là cát bột, cát pha sét, sét bột và loại đất là đất phù sa, phù sa phì nhiêu, loại lớp phủ là đất trồng lúa và hoa màu. Tại khu vực Nam Định, Hải Dương, Thái Bình, Hải Phòng về phía biển, các lỗ khoan Q108, Q109, Q110, Q147, Q158, Q159, Q164 (xem Hình 4.25) có giá trị cung cấp thấm trung bình là 188mm/năm. Đây là khu vực có nhiều trầm tích là sét, sét bột và đất chủ yếu là đất chua, mặn, đất sét nên tuy mực nước dưới đất nông, là khu vực trồng lúa nhưng khả năng thấm từ nước mưa, nước mặt nhỏ hơn các khu vực khác. Hình 4.22, Hình 4.23 và Hình 4.24 cho thấy mối quan hệ giữa tuổi của nước dưới đất và độ sâu lấy mẫu, với hệ số tương quan  $R^2$  tương đối cao (từ 0,746 đến 0,985).



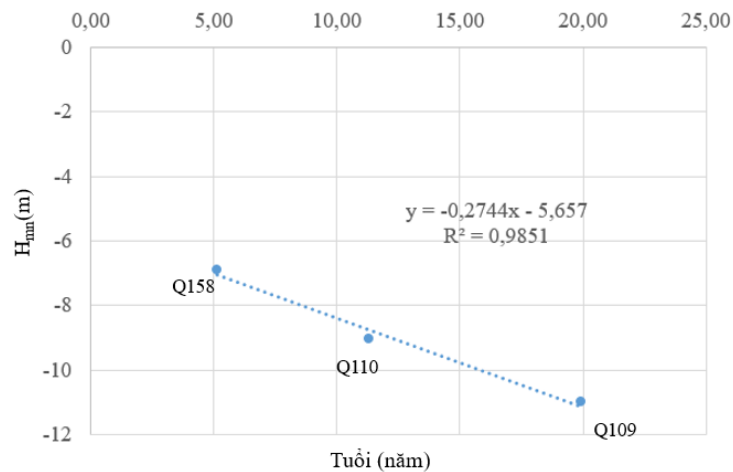
Hình 4.22. Mối quan hệ giữa chiều sâu mực nước dưới đất ( $H_{mn}$ ) và tuổi ở khu vực Hà Nội (xem Hình 4.25) a) Q1, Q33, PK06; b) PK06, TC02, TC06



Hình 4.23. Mối quan hệ giữa chiều sâu mực nước dưới đất ( $H_{mn}$ ) và tuổi ở khu vực Hà Nam, Hưng Yên, Bắc Ninh (xem Hình 4.25)



a)



b)

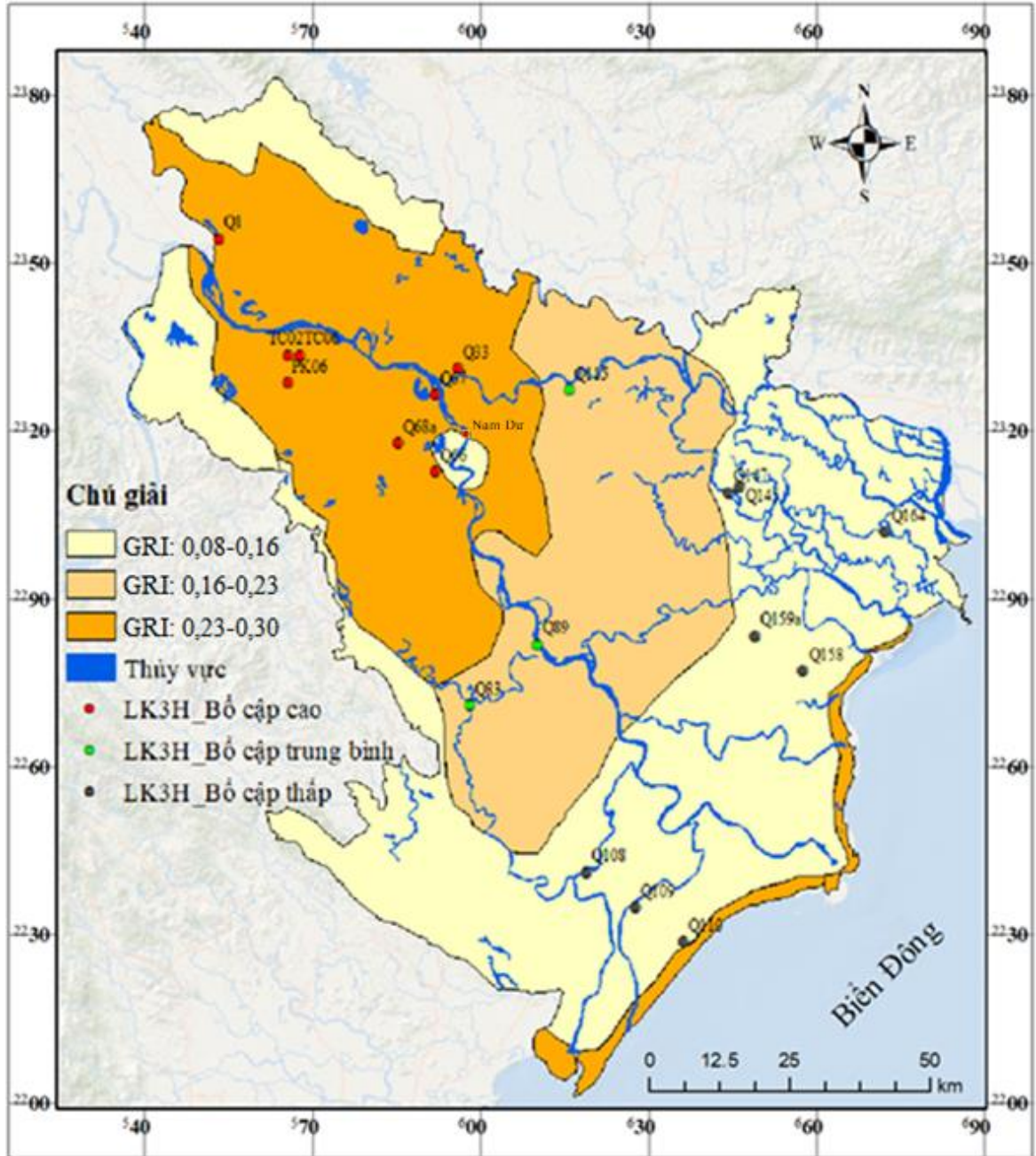
Hình 4.24. Mối quan hệ giữa chiều sâu mực nước dưới đất ( $H_{mn}$ ) và tuổi ở khu vực Nam Định, Ninh Bình, Hải Phòng (xem Hình 4.25) a) LK Q 164, Q147, Q159, Q108 b) LK Q158, Q110, Q109

Sau khi xác định giá trị bổ cập nước dưới đất theo giá trị Triti ( $^3\text{H}$ ), NCS tiến hành chõng xếp các điểm lỗ khoan  $^3\text{H}$  lên bản đồ phân vùng GRI đã thực hiện ở mục 4.3. Kết quả cho thấy, khu vực Hà Nội, Vĩnh Phúc, các lỗ khoan có giá trị cung cấp thấm trung bình 429mm/năm nằm trong vùng ứng với giá trị GRI trong khoảng từ 0,23 đến 0,30; ở khu vực Hà Nam, Hưng Yên, Bắc Ninh các lỗ khoan có giá trị cung cấp thấm trung bình 372mm/năm trong vùng ứng với giá trị GRI trong khoảng từ 0,16 đến 0,23; ở khu vực mạn Nam Định, Thái Bình, Ninh Bình, Hải Phòng các lỗ khoan có giá trị cung cấp thấm trung bình 188mm/năm trong vùng ứng với giá trị GRI trong khoảng từ 0,08 đến 0,16. Từ đó, NCS phân vùng tiềm năng bổ cập nước dưới đất như sau: vùng có tiềm năng bổ cập nước dưới đất thấp là vùng đồng bằng gần biển (Thái Bình, Ninh Bình, Hải Phòng, Nam Định, ứng với vùng I, giá trị GRI từ 0,08 ÷ 0,16, lượng bổ cập trung bình là 188mm/năm; vùng có tiềm năng bổ cập nước dưới đất trung bình là khu vực các tỉnh Hà Nam, Bắc Ninh, Hưng Yên, Hải Dương, ứng với vùng II, giá trị GRI từ 0,16 ÷ 0,23, lượng bổ cập trung bình là 372mm/năm và vùng có tiềm năng bổ cập nước dưới đất cao là khu vực Hà Nội, Vĩnh Phúc, ứng với vùng III, giá trị GRI từ 0,23 ÷ 0,30, lượng bổ cập trung bình là 429mm/năm (xem Bảng 4.21 Hình 4.25).

Bảng 4.21. Đại lượng cung cấp thấm TCN Holocen (qh2) theo phương pháp thủy văn đồng vị

TT	Vùng tiềm năng bổ cập	Diện tích (km <sup>2</sup> )	Cung cấp thấm (mm/năm)			Tổng lượng cung cấp thấm (m <sup>3</sup> /ngày)	Lượng mưa TB năm (mm)	Tỷ lệ % với lượng mưa
			Từ	Đến	TB			
1	Thấp - I	6964,3	89	292	188	3.587.091	1730	10,87
2	TB - II	3766,4	318	426	372	3.838.632	1766	21,06
3	Cao - III	4129,3	127	605	429	4.853.341	1834	23,39
	<b>Tổng</b>	<b>14860</b>				<b>12279064</b>		

Bảng 4.21 cho thấy vùng tiềm năng bổ cập thấp (vùng I), lượng bổ cập chiếm 10,87% lượng mưa. Vùng tiềm năng bổ cập trung bình (vùng II), lượng bổ cập chiếm 21,07% lượng mưa còn vùng tiềm năng bổ cập cao, lượng bổ cập chiếm 23,39% lượng mưa. Tổng lượng cung cấp thấm cho TCN qh theo phương pháp thủy văn đồng vị là 12279064 m<sup>3</sup>/ngày (tương đương 301,61mm/năm).



Hình 4.25. Kết quả phân vùng bổ cấp và lượng bổ cấp theo Triti ( $^3\text{H}$ )

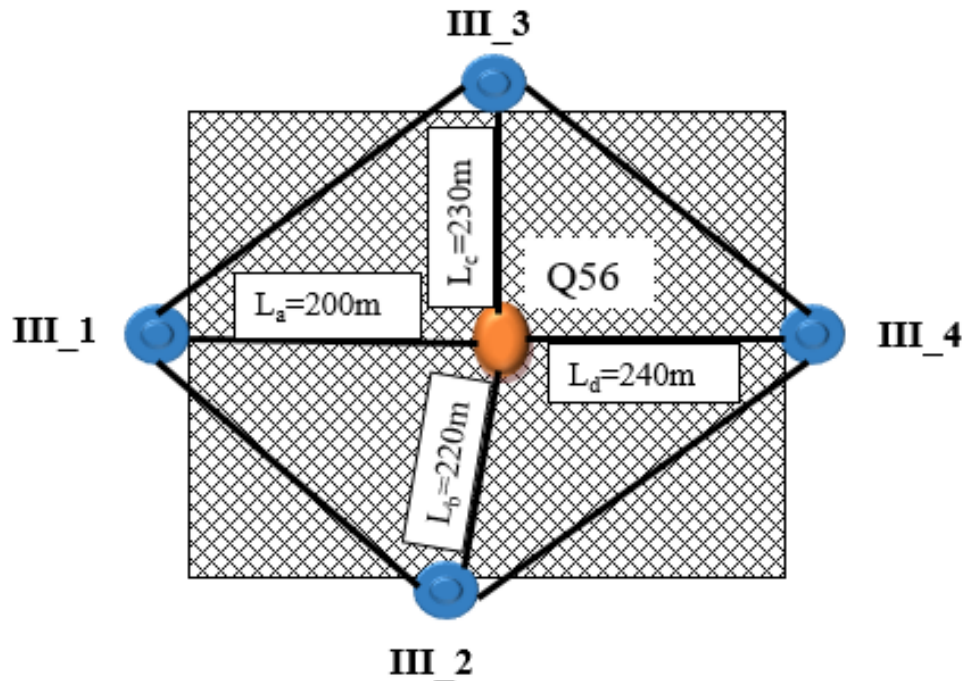
#### 4.4.2. Sử dụng phương pháp xác định giá trị cung cấp thấm từ nước mưa cho nước dưới đất bằng phương trình sai phân hữu hạn của Kamenxki

Sân cân bằng Thọ An và các giá trị được mô tả trong Bảng 4.22, Hình 4.26.

Bảng 4.22. Các thông số đặc trưng của sân cân bằng Thọ An- Đan Phượng.

TT	Thông số đặc trưng	Ký hiệu	Đơn vị tính	Giá trị
<i>I</i>	<i>Các thông số tầng chứa nước</i>			
I.1	Hệ số thấm	K	m/ngày	35
I.2	Hệ số nhả nước	$\mu$		0,04

TT	Thông số đặc trưng	Ký hiệu	Đơn vị tính	Giá trị
I.3	Độ cao đáy tầng chứa nước		m	-11,25
<b>II</b>	<b>Các thông số sân cân bằng</b>			
II.1	Diện tích yếu tố dòng ngầm	F	m <sup>2</sup>	54110
II.2	Các cạnh của yếu tố dòng ngầm		m	
	QIII-1 - QIII-3	L <sub>1-3</sub>		270
	QIII-3 - QIII-4	L <sub>3-4</sub>		270
	QIII-2 - QIII-4	L <sub>4-2</sub>		310
	QIII-4 - QIII-1	L <sub>2-1</sub>		370
II.3	Khoảng cách từ lỗ khoan trung tâm đến các lỗ khoan góc phong bì		m	
	QIII-1	L <sub>a</sub>		200
	QIII-2	L <sub>b</sub>		240
	QIII-3	L <sub>c</sub>		230
	QIII-4	L <sub>d</sub>		220



Hình 4.26. Sơ đồ bố trí sân cân bằng Thợ An- Đan Phượng

Đặt ký hiệu lỗ khoan III\_1, III\_2, III\_3, III\_4 và Q56 tương ứng là LK1, LK2, LK3, LK4, LK5 ta có phương trình vi phân như sau:

$$\begin{aligned}
& \frac{K(l_{2,5} + l_{5,3})}{4} \left[ (h_5^{s+1} + h_4^{s+1}) \frac{H_5^{s+1} - H_4^{s+1}}{l_{5,4}} \right. \\
& \left. - (h_1^{s+1} + h_5^{s+1}) \frac{H_1^{s+1} - H_5^{s+1}}{l_{1,5}} \right] \\
& + \frac{K(l_{1,5} + l_{5,4})}{4} \left[ (h_2^{s+1} + h_5^{s+1}) \frac{H_2^{s+1} - H_5^{s+1}}{l_{2,5}} \right. \\
& \left. - (h_5^{s+1} + h_3^{s+1}) \frac{H_5^{s+1} - H_3^{s+1}}{l_{4,2}} \right] \\
& \pm W \frac{(l_{1,2} + l_{2,3})(l_{5,2} + l_{2,4})}{2} \\
& = \mu \frac{H_2^{s+2} - H_2^s}{\Delta t} \frac{l_{1,2} + l_{2,3}}{2} \frac{l_{5,2} + l_{2,4}}{2}
\end{aligned} \tag{4.23}$$

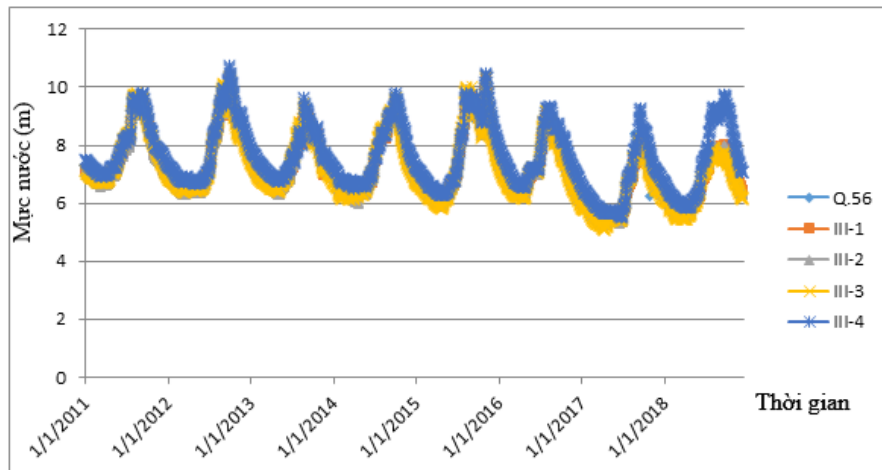
Đặt:

$$\begin{aligned}
A &= (h_2^{s+1} + h_5^{s+1}) \frac{H_2^{s+1} - H_5^{s+1}}{l_{2,5}} & ; B &= (h_5^{s+1} + h_3^{s+1}) \frac{H_5^{s+1} - H_3^{s+1}}{l_{4,2}} \\
C &= (h_5^{s+1} + h_4^{s+1}) \frac{H_5^{s+1} - H_4^{s+1}}{l_{5,4}} & ; D &= (h_1^{s+1} + h_5^{s+1}) \frac{H_1^{s+1} - H_5^{s+1}}{l_{1,5}} \\
K_2 &= \frac{K}{(l_{1,5} + l_{5,4})}; & K_1 &= \frac{K}{(l_{2,5} + l_{5,3})}; & S &= \mu \frac{H_2^{s+2} - H_2^s}{\Delta t}
\end{aligned}$$

Ta có:

$$W = S - K_1 (A - B) - K_2 (C - D) \tag{4.24}$$

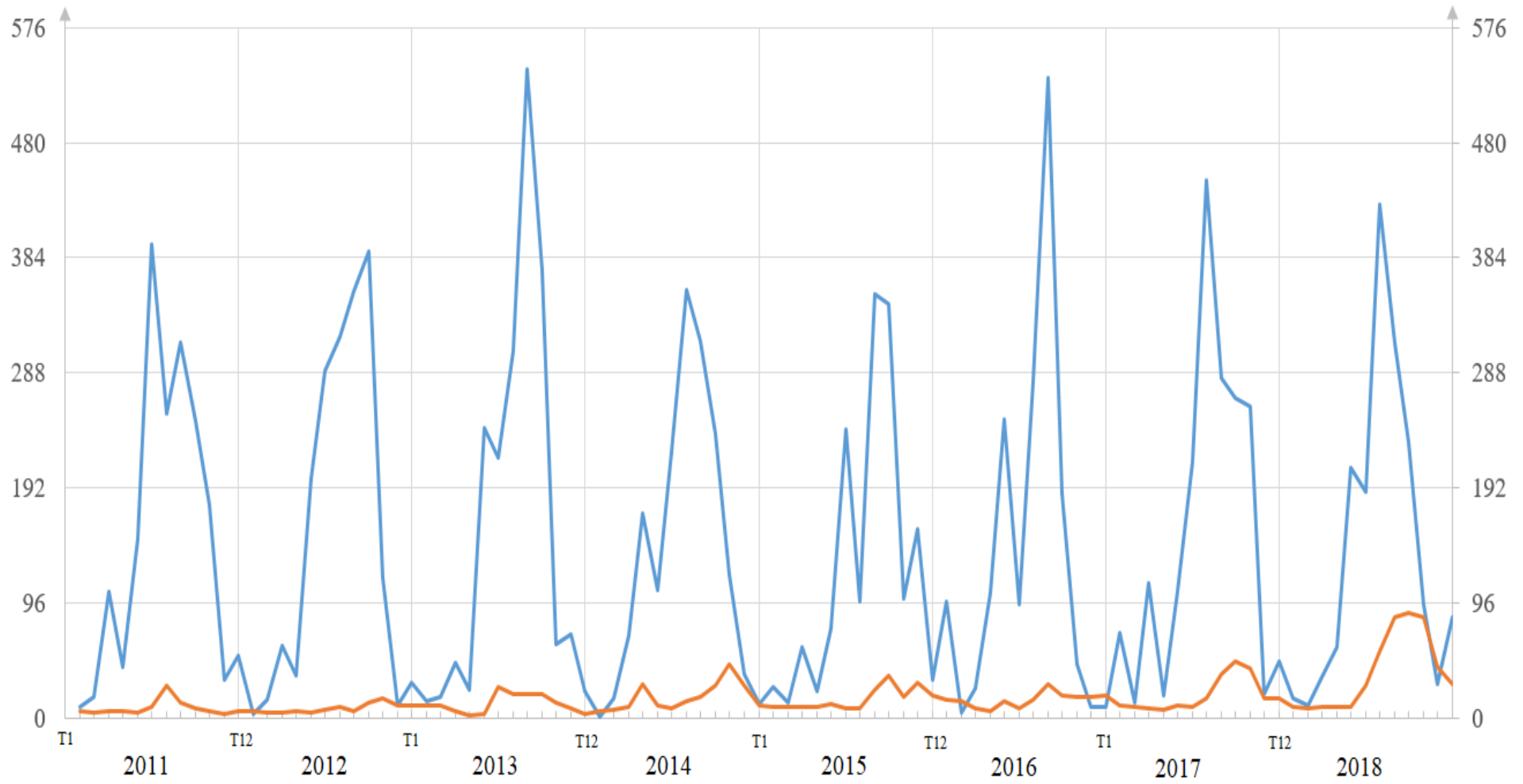
Theo tài liệu quan trắc trong khoảng thời gian từ năm 2000 đến 2011 của Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Bắc, NCS đã kéo dài số liệu quan trắc mực nước các lỗ khoan đến năm 2018, xác định bề dày tầng chứa nước qh và cốt cao mực nước các lỗ khoan trong sân cân bằng. Hình 4.27 biểu diễn dao động mực nước ngầm trong giai đoạn năm 2011-2018. Trong khi đó, Bảng 4.22 cho biết kết quả tính lượng bổ cập tại sân cân bằng Thọ An giai đoạn này.



Hình 4.27. Dao động mực nước tại các lỗ khoan tại sân cân bằng Thọ An

Bảng 4.23. Kết quả tính lượng bổ cập tại sân cân bằng Thọ An (W; mm/năm)

Năm	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Tổng	Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất
Tháng	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
<b>Tháng 1</b>	5,58	5,89	9,92	5,89	8,99	14,57	10,54	9,3	<b>70,68</b>	15,71	14,57	5,58
<b>Tháng 2</b>	4,2	4,64	10,36	7	8,96	13,63	8,96	8,4	<b>66,15</b>	14,7	13,63	4,2
<b>Tháng 3</b>	5,27	4,03	5,27	8,99	8,99	8,37	8,37	9,3	<b>58,59</b>	13,02	9,3	4,03
<b>Tháng 4</b>	5,4	5,7	1,8	28,2	9,3	5,7	7,2	9	<b>72,3</b>	16,07	28,2	1,8
<b>Tháng 5</b>	4,03	4,65	3,72	10,85	11,78	14,26	9,92	9,3	<b>68,51</b>	15,22	14,26	3,72
<b>Tháng 6</b>	9,6	6,9	25,5	7,5	8,4	7,8	9	27	<b>101,7</b>	22,6	27	6,9
<b>Tháng 7</b>	26,35	8,68	19,22	13,33	8,37	14,57	16,74	55,8	<b>163,06</b>	36,24	55,8	8,37
<b>Tháng 8</b>	12,4	5,89	19,22	17,36	23,56	27,9	35,96	83,7	<b>225,99</b>	50,22	83,7	5,89
<b>Tháng 9</b>	7,5	12,3	19,8	27,3	35,7	18,3	46,8	87	<b>254,7</b>	56,6	87	7,5
<b>Tháng 10</b>	5,58	15,81	12,71	44,95	17,05	17,67	40,92	83,7	<b>238,39</b>	52,98	83,7	5,58
<b>Tháng 11</b>	3,6	10,2	7,5	26,7	29,7	17,1	16,5	42	<b>153,3</b>	34,07	42	3,6
<b>Tháng 12</b>	4,96	10,23	3,41	9,92	18,29	18,29	16,43	27,9	<b>109,43</b>	24,32	27,9	3,41
<b>Tổng</b>	<b>94,47</b>	<b>94,92</b>	<b>138,43</b>	<b>207,99</b>	<b>189,09</b>	<b>178,16</b>	<b>227,34</b>	<b>452,4</b>	<b>1582,8</b>	<b>197,85</b>	<b>452,4</b>	<b>94,47</b>
Trung bình	7,87	7,91	11,54	17,33	15,76	14,85	18,95	37,7				



Hình 4.28. Lượng mưa (xanh lam) và lượng bổ cấp (màu cam) cấp tại sân cân bằng Thọ An (2011-2018)



Từ Hình 4.28 cho thấy lượng mưa và lượng bổ cập cho TCN qh có mối quan hệ tương đối chặt chẽ. Vào mùa mưa, khi lượng mưa tăng thì lượng bổ cập tăng và ngược lại, vào mùa hè, khi lượng mưa giảm thì lượng bổ cập giảm. Tuy nhiên, có thể quan sát thấy sự lệch pha giữa lượng mưa và lượng bổ cập từ 1 tháng đến 3 tháng tùy vào từng năm. Ví dụ, năm 2012, lượng bổ cập chậm hơn so với lượng mưa khoảng 1 tháng, lượng mưa đạt cực đại vào tháng 9 (389,3mm) thì lượng bổ cập đạt cực đại vào tháng 10 (15,81mm). Năm 2017 và 2018, lượng bổ cập chậm hơn so với lượng mưa khoảng 2 tháng. Năm 2017, lượng mưa đạt cực đại vào tháng 7 (449,1mm) thì lượng bổ cập đạt cực đại vào tháng 9 (46,8mm). Năm 2018, lượng mưa đạt cực đại vào tháng 7 (498,1mm) thì lượng bổ cập đạt cực đại vào tháng 9 (87mm). Trong khi đó, năm 2014, lượng mưa đạt cực đại vào tháng 7 (357,3mm) thì lượng bổ cập đạt cực đại vào tháng 10 (44,95mm), sau 3 tháng.

#### 4.4.3. Đánh giá chung

Bảng 4.24 cho thấy kết quả xác định lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất của NCS và của các tác giả khác nhau theo phương pháp đồng vị, Kamenxki.

Bảng 4.24. Kết quả lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất theo các phương pháp khác nhau

TT	Tác giả	Phương pháp	Giá trị cung cấp thấm (mm/năm)	Giai đoạn	Khu vực
1	NCS	Thủy văn đồng vị ( $^3\text{H}$ )	TB 429	2021	Hà Nội
		Kamenxki	TB 197,85	2021	Thọ An, Đan Phượng
2	Larsen (2008)	Thủy văn đồng vị ( $^3\text{H}/^3\text{He}$ )	195	2008	Đan Phượng, Hà Nội
3	Postma et al (2016), N.T.H Mai và nnk (2014)	Thủy văn đồng vị ( $^3\text{H}$ )	200 - 800	2014-2016	Nam Dư, Hà Nội
4	Trần Thành Lê	Thủy văn đồng vị ( $^3\text{H}$ )	425,37 - 605,38	2008-2011	Phú Kim, Thạch Thất

Vị trí nghiên cứu của Postma (2016) cho trong Bảng 4.25.

Bảng 4.25. Vị trí nghiên cứu của Postma tại Nam Dư (Nguồn Postma, 2016)

TT	Vị trí bãi giếng		Giá trị cung cấp thấm (W,mm/năm)		Ghi chú
	Tọa độ X	Tọa độ Y	Từ	Đến	
1	20.973673	105.902564	200	800	Nam Dư, Lĩnh Nam, Hoàng Mai, Hà Nội

Bảng 4.24 cho thấy các kết quả tính toán của NCS với kết quả của các tác giả đã nghiên cứu trước đó theo từng phương pháp cho giá trị tương đối đồng nhất, nằm trong cùng một phạm vi giá trị. Sử dụng phương pháp Kamenxki, lượng bổ cập nước dưới đất tại sân cân bằng Thọ An, Đan Phượng là 197,85mm/năm cho giai đoạn 2011-2018 (NCS) và 156mm/năm (Trần Thành Lê, 2011). Sử dụng phương pháp mô hình (Modflow), lượng bổ cập nước dưới đất vùng ĐBSH là 112mm/năm (NCS) và vùng Đan Phượng, Hà Nội là 60-100mm/năm (Larsen, 2008). Sử dụng phương pháp thủy văn đồng vị, lượng bổ cập nước dưới đất vùng Hà Nội là 429mm/năm (theo  $^3\text{H}$ , NCS), 195mm/năm (theo tỷ lệ  $^3\text{H}/^3\text{He}$ , Larsen, 2008), 518mm/năm (theo  $^3\text{H}$ , Trần Thành Lê, 2011) và từ 200mm/năm đến 800mm/năm (theo  $^3\text{H}$ , Postma, 2016; N.T.H Mai, 2014).

Mặt khác, NCS cũng tiến hành so sánh giá trị lượng bổ cập khi tính toán bằng mô hình tại mục 5.2.1 với phương pháp thủy văn đồng vị, kết quả cho trong Bảng 4.26 cho thấy tổng lượng bổ cập xác định theo phương pháp mô hình là 15785731m<sup>3</sup>/ngày (tương ứng 468,81mm.năm) còn theo phương pháp thủy văn đồng vị là 12279064 m<sup>3</sup>/ngày (tương ứng 301,61mm/năm).

Bảng 4.26. Tổng lượng cung cấp thấm TCN Holocen theo các phương pháp khác nhau (m<sup>3</sup>/ngày)

TT	Phương pháp tính	Tổng lượng cung cấp thấm	Ghi chú
1	Thủy văn đồng vị	<b>12279064</b>	
2	Mô hình	<b>15785731</b>	

Với các kết quả trên, có thể thấy việc sử dụng hệ phương pháp thủy văn đồng vị, phương pháp Kamenxki và phương pháp mô hình là hợp lý, có cơ sở khoa học.

Tuy nhiên, khi tiến hành so sánh kết quả giữa các phương pháp nghiên cứu của NCS, có thể thấy giá trị lượng bổ cập tính theo các phương pháp khác nhau có sự khác nhau: 468,81mm/năm (mô hình), 197mm/năm (Kamenxki) và 301,62mm/năm (thủy văn đồng vị). Lý do có thể được giải thích như sau:

Thứ nhất, thời gian lấy mẫu đồng vị của NCS được thực hiện vào mùa khô năm 2021 (tháng III, tháng IV) và số lượng mẫu còn hạn chế (16 mẫu cho ĐBSH).

Thứ hai, tuổi của nước dưới đất xác định bằng phương pháp thủy văn đồng vị  $^3\text{H}$  phụ thuộc vào chiều sâu của ống lọc, vì vậy với số lượng mẫu không nhiều có thể sẽ dẫn đến sai số cao hơn thực tế khi xác định lượng bổ cập

Thứ ba, việc lấy mẫu và bảo quản mẫu trong quá trình thực địa có thể là nguyên nhân dẫn đến việc xác định giá trị  $^3\text{H}$  cao hơn thực tế.

Thứ tư, khi xác định giá trị cung cấp thấm ở trên, NCS chưa tách riêng giữa giá trị cung cấp thấm từ sông và từ nước mưa bề mặt vì hàm lượng  $^3\text{H}$  có thể tồn tại cả trong nước mưa rơi xuống sông và nước mưa thấm từ bề mặt.

Thứ năm, phương pháp mô hình thường cho giá trị cao hơn so với thực tế.

#### **4.5. KẾT LUẬN CHƯƠNG 4**

Các yếu tố ảnh hưởng đến bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất vùng đồng bằng sông Hồng theo thứ tự từ ảnh hưởng nhiều đến ảnh hưởng ít gồm lượng mưa, lớp phủ bề mặt - sử dụng đất, loại đất, trầm tích Đệ tứ và đá gốc, mực nước dưới đất, địa mạo, độ dốc địa hình và mật độ sông suối. Trong đó, yếu tố lượng mưa, lớp phủ bề mặt - sử dụng đất, và loại đất có ảnh hưởng nhiều nhất.

NCS đã phân chia ĐBSH thành 3 vùng tiềm năng cung cấp thấm: vùng tiềm năng bổ cập cao là khu vực từ Hà Nội, Vĩnh Phúc, giá trị bổ cập trung bình 429 mm/năm, GRI trong khoảng từ 0,23 đến 0,30; vùng tiềm năng bổ cập trung bình là khu vực Hưng Yên, Bắc Ninh, một phần Nam Định, Hải Dương, giá trị bổ cập trung bình 372mm/năm, GRI trong khoảng từ 0,16 đến 0,23; vùng tiềm năng bổ cập thấp là khu vực các tỉnh Nam Định, Hải Dương, Thái Bình, Ninh Bình giá trị bổ cập trung bình 188mm/năm, GRI trong khoảng từ 0,08 đến 0,16.

## CHƯƠNG 5. VAI TRÒ CỦA NƯỚC MƯA ĐỐI VỚI SỰ HÌNH THÀNH TRỮ LƯỢNG NƯỚC DƯỚI ĐẤT TRẦM TÍCH ĐỆ TỨ VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG

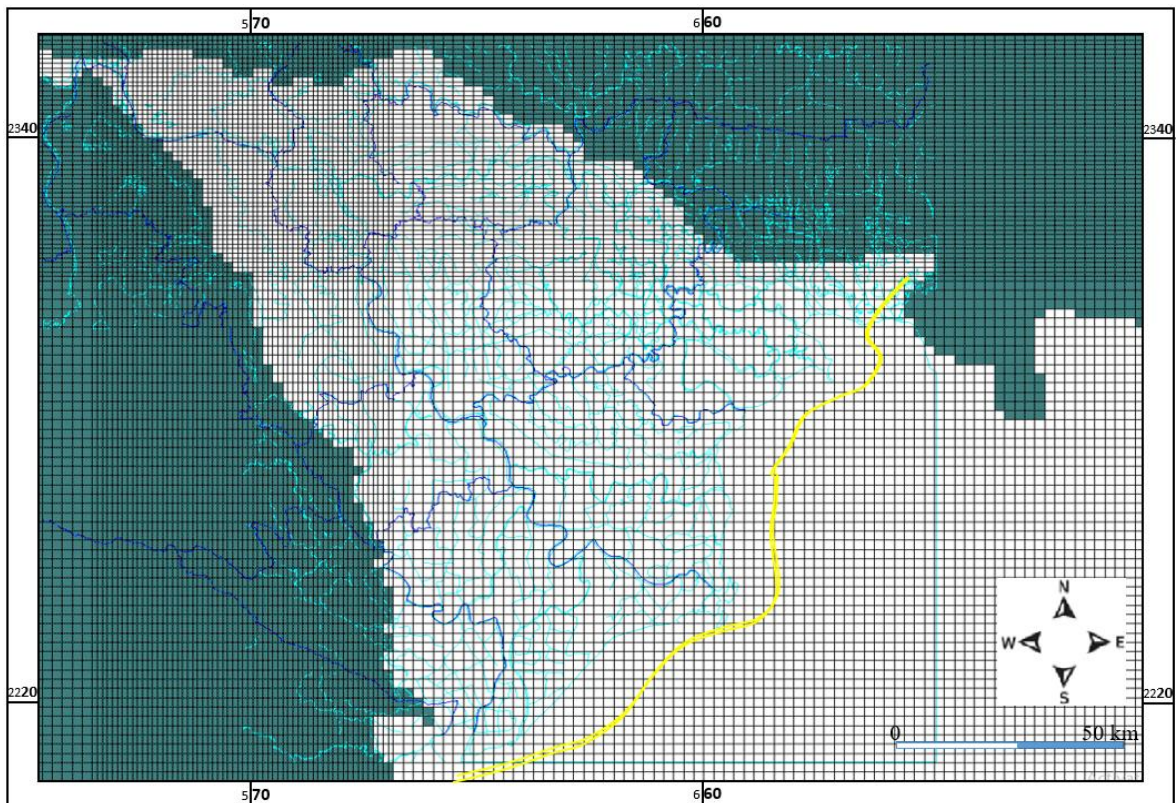
Để có thể đánh giá vai trò lượng bổ cập tự nhiên đối với sự hình thành trữ lượng NĐĐ trầm tích Đệ tứ vùng ĐBSH, mô hình nước dưới đất được xây dựng trên cơ sở nguồn số liệu nghiên cứu, điều tra từ trước đến nay. Trên cơ sở mô hình đã được xây dựng và chỉnh lý chúng ta hoàn toàn có thể biết được vai trò các nguồn hình thành NĐĐ trầm tích Đệ tứ vùng ĐBSH.

### 5.1. XÂY DỰNG CÁC THÔNG SỐ CHO MÔ HÌNH

Theo phân tích về việc sử dụng các dữ liệu liên quan (mục 3.1.4), NCS tiến hành xây dựng các thông số cần thiết để chạy mô hình MODFLOW.

#### 5.1.1. Xây dựng lưới cho mô hình

NCS chia toàn bộ vùng nghiên cứu thành các ô lưới với số lượng 162 hàng và 223 cột, bước lưới là 1000mx1000m, riêng ở khu vực Hà Nội bước lưới là 500mx500m do mật độ giếng khai thác tập trung lớn.

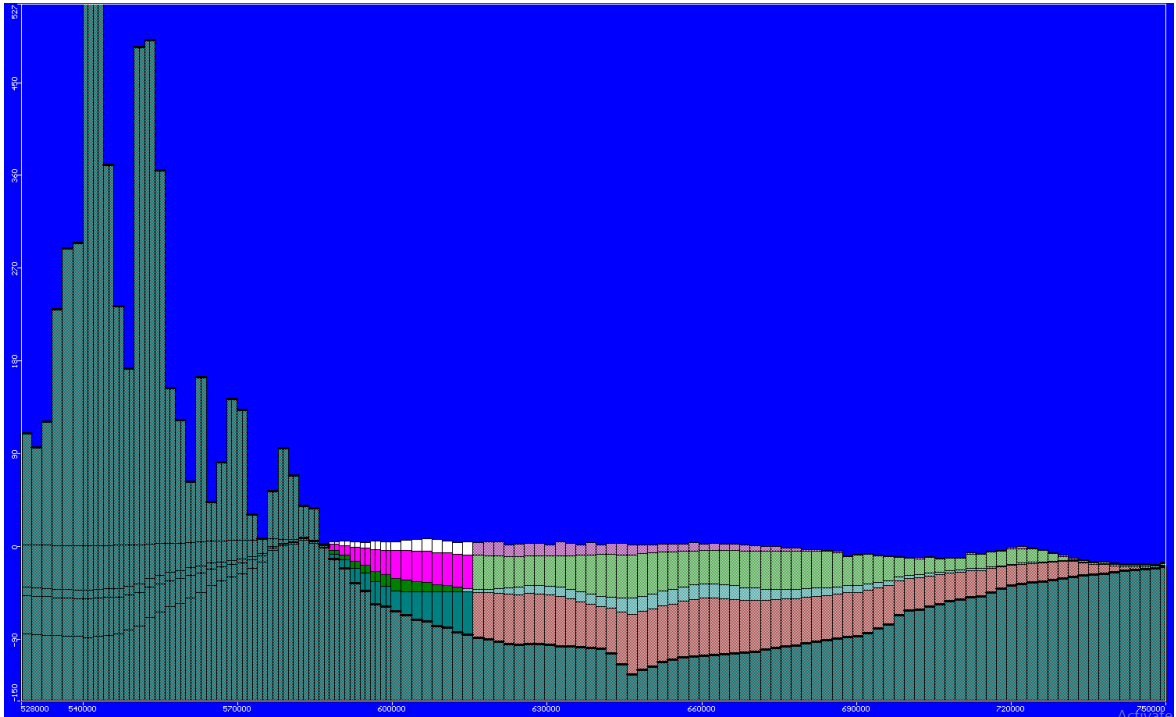


Hình 5.1. Thiết kế lưới sai phân trên diện tích vùng nghiên cứu

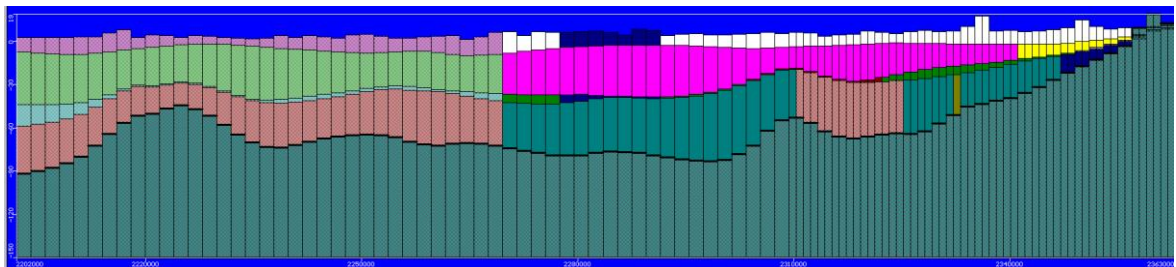
#### 5.1.2. Xây dựng mặt cắt địa chất thủy văn

Đối với dữ liệu về phân tầng địa chất thủy văn thì vẫn phân chia theo mô hình Bắc Bộ trước đây gồm có 4 lớp:

- Lớp thấm nước yếu bề mặt (LCNBề mặt)
- Tầng chứa nước Holocen (TCN<sub>qh</sub>)
- Lớp cách nước Holocen - Pleistocen (LCN1)
- Tầng chứa nước Pleistocen (TCN<sub>qp</sub>).



Hình 5.2. Mặt cắt trên mô hình theo phương Đông Tây



Hình 5.3. Mặt cắt trên mô hình theo phương Bắc Nam

### 5.1.3. Cập nhật và chỉnh lý thông số Địa chất thủy văn

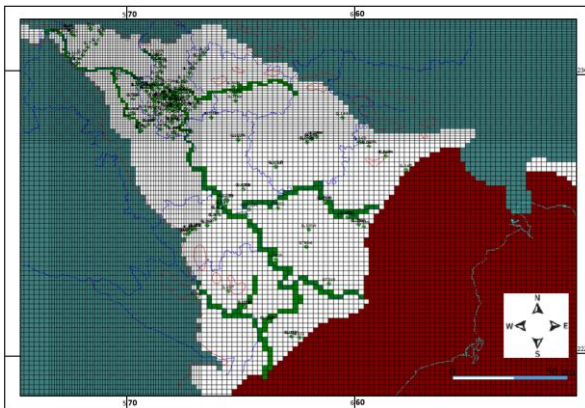
Hệ số thấm của các TCN được thu thập và phân từ các số liệu điều tra ĐCTV trong các giai đoạn trước. Hệ số thấm sẽ được hiệu chỉnh lại trong quá trình chỉnh lý mô hình thông qua các tài liệu quan trắc mực nước thực tế.

#### 5.1.3.1. Xây dựng các điều kiện biên cho mô hình dòng chảy

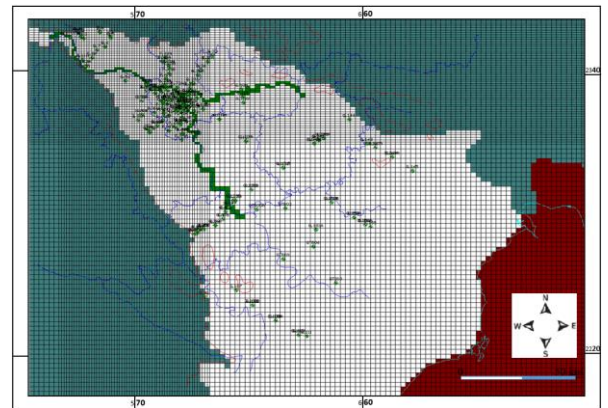
- Biên bổ cập (RECHARGE): các mức độ bổ cập theo tiềm năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất được phân chia theo kết quả mục 4.3.

- Các điều kiện biên còn lại như Biên tổng hợp (GHB), Biên bốc hơi (Evapo), Biên đá gốc bổ cập cho nước dưới đất ( $Q=const$ ) được xác định ở mục 3.1.4.4.

- Đối với biên của mô hình về phía biển, mực nước trên biên dựa theo mực nước quan trắc hải văn tại trạm Hòn Dấu. Đối với tầng chứa nước nông qh, biên biển được gán theo đường bờ biển. Đối với tầng chứa nước qp do nằm sâu, bên dưới tầng qh, lại có lớp thấm nước yếu Vĩnh Phúc ngăn cách nên khoảng cách để biển cắt vào tầng chứa nước ở khoảng cách tịnh tiến từ đường bờ biển về phía biển từ 25 - 30km (theo bán kính ảnh hưởng dẫn dung của thấu kính nước ngọt ở Nam Định).

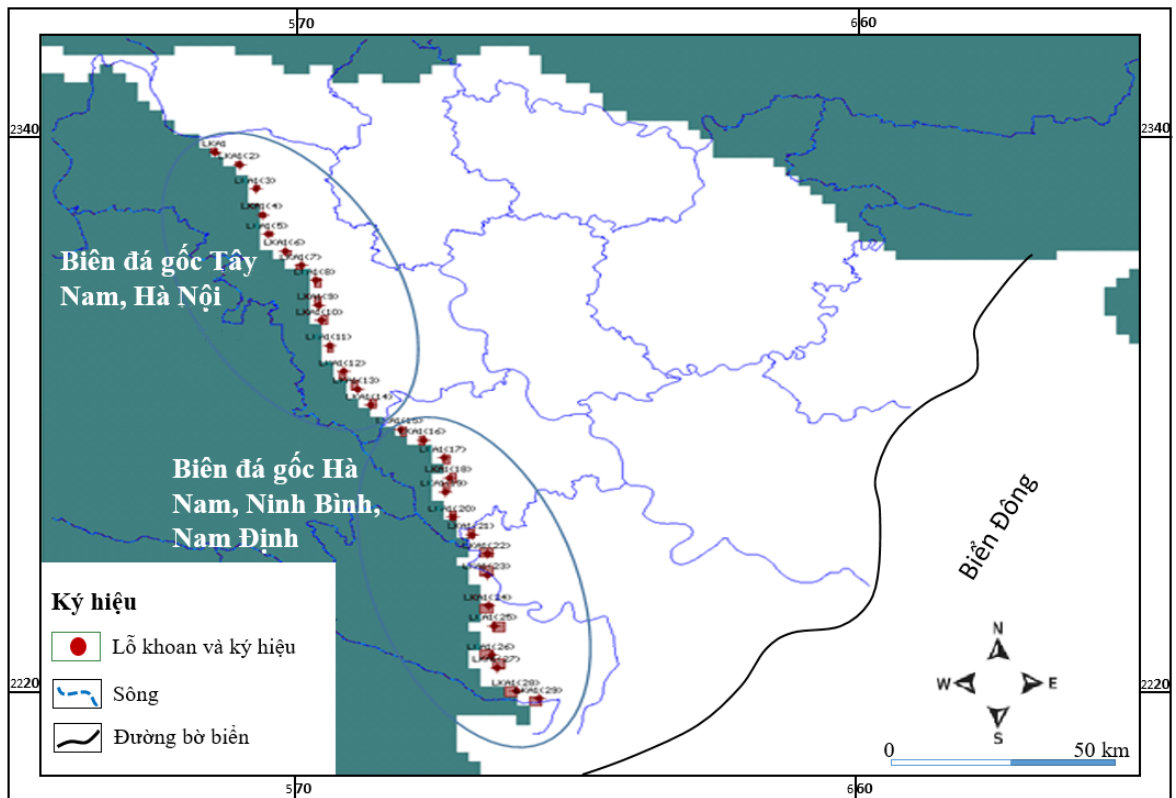


a) TCN qh



b) TCN qp

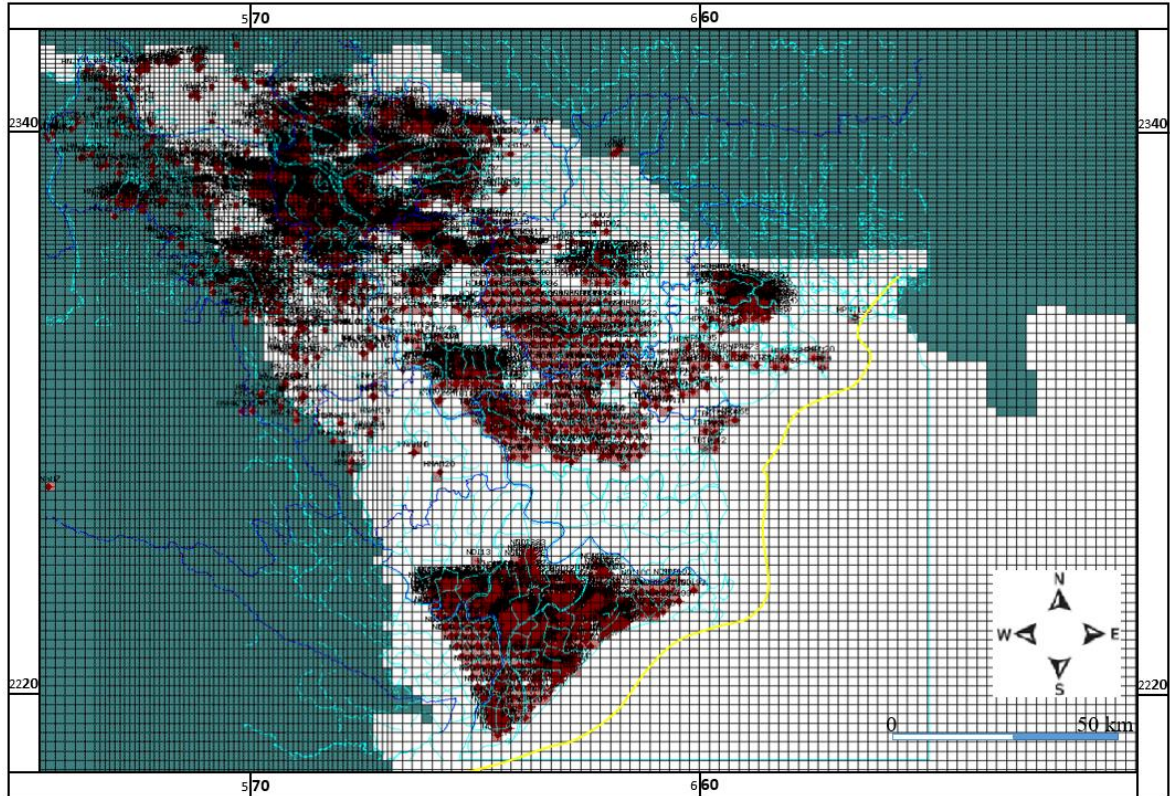
Hình 5.4. Biên biển khu vực nghiên cứu a) TCN Hoclocen b) TCN Pleistocen



Hình 5.5. Biên đá gốc khu vực nghiên cứu

### 5.1.3.2. Xây dựng hiện trạng khai thác nước dưới đất

Dữ liệu xây dựng hiện trạng khai thác nước dưới đất khu vực được trình bày tại mục 3.1.4.



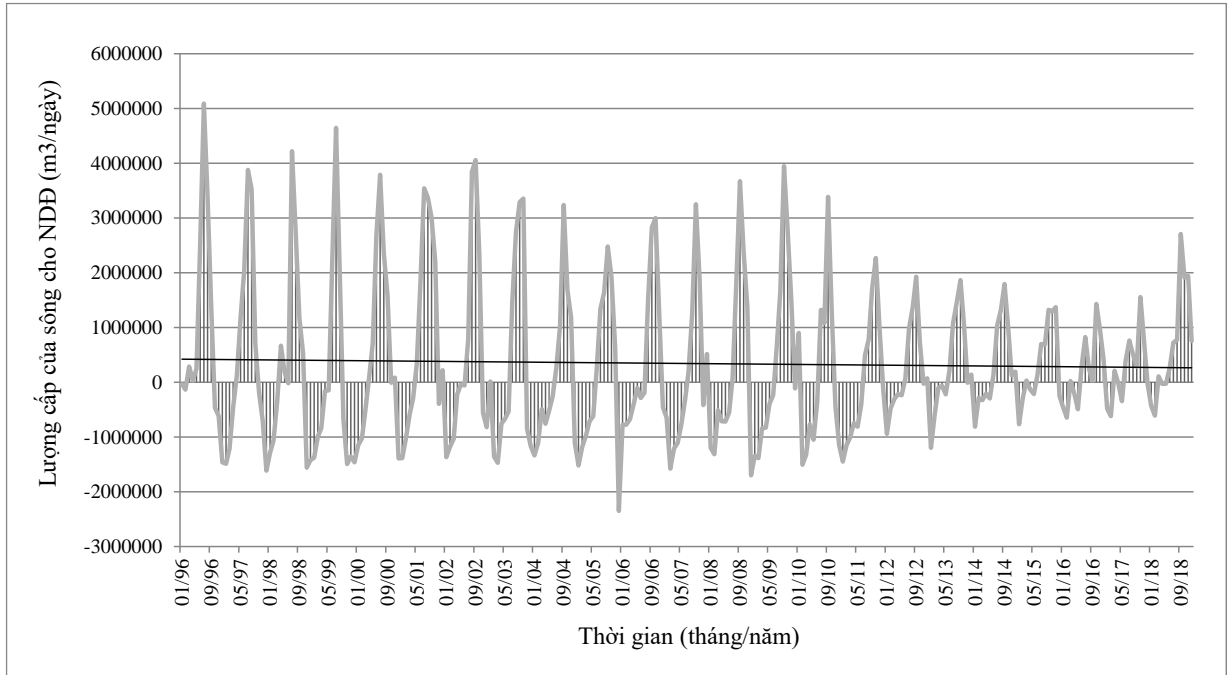
Hình 5.6. Hiện trạng khai thác khu vực đồng bằng sông Hồng

## 5.1.4. Biến động các nguồn cung cấp thấm theo thời gian

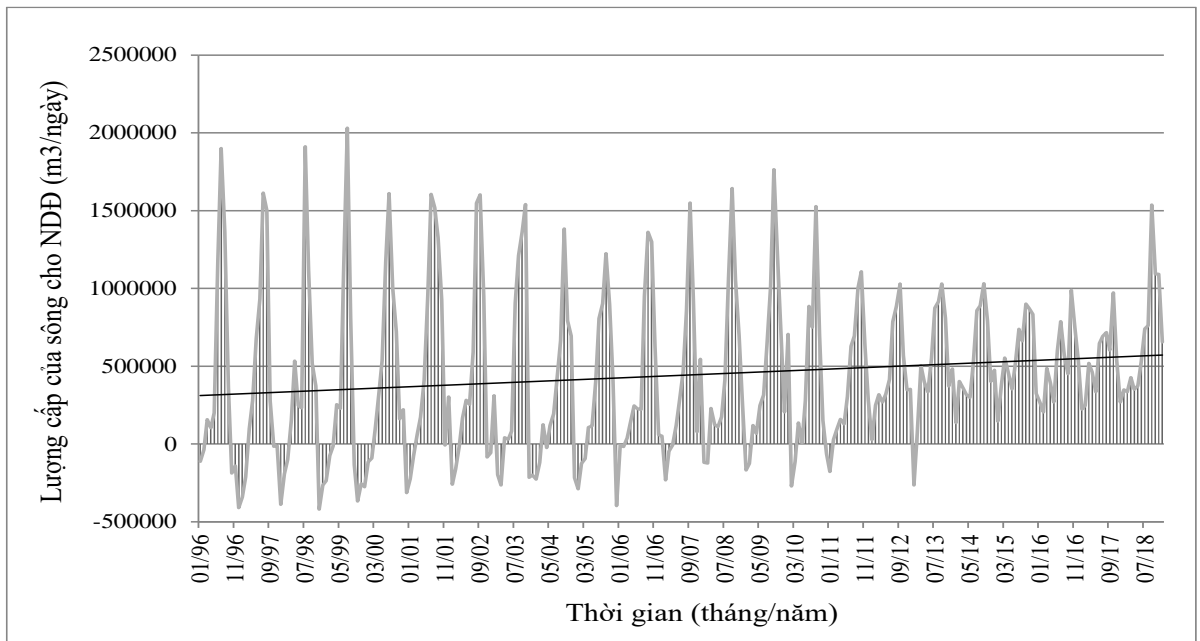
### 5.1.4.1. Cung cấp từ sông

- Vùng đồng bằng sông Hồng: lượng cấp của hệ thống sông cho nước dưới đất khá lớn và biến đổi theo mùa. Vào mùa mưa nước sông dâng cao bổ cấp cho nước dưới đất (giá trị dương) và vào mùa khô thì nước dưới đất cấp ngược lại cho sông hồ (giá trị âm). Điều này cũng khá phù hợp với dao động của mực nước sông Hồng tại trạm quan trắc nước mặt Q.SH1 (Hình 5.7).

- Vùng Nam Hà Nội: có thể thấy lượng cấp của sông cho nước dưới đất khá tương đồng với vùng ĐBSH. Lượng cấp của sông cho nước dưới đất cũng thay đổi theo mùa, vào mùa mưa nước sông bổ cấp cho nước dưới đất và vào mùa khô thì nước dưới đất thoát ra sông. Biên độ lượng cấp của sông cho nước dưới đất giai đoạn 1996 - 2011 vào thời điểm mùa mưa lớn hơn nhiều so với giai đoạn sau năm 2011 (Hình 5.8).



Hình 5.7. Lượng bổ cập của nước sông cho NĐĐ cho TCN qh và qp vùng ĐBSH



Hình 5.8. Lượng bổ cập của nước sông cho NĐĐ cho TCN qh và qp ở Nam Hà Nội

Lượng bổ cập từ sông cho nước dưới đất có xu hướng tăng dần theo thời gian và lượng thoát của nước dưới đất vào sông Hồng ngày càng giảm dần theo thời gian. Từ năm 2013 trở về sau không có lượng thoát từ nước dưới đất ra sông Hồng.

Như vậy có thể thấy rằng lượng bổ cập của sông cho nước dưới đất phụ thuộc khá nhiều vào mực nước sông. Từ 1996 đến 2011, giai đoạn này mực nước tại các sông chưa chịu sự chi phối của hệ thống các hồ đập ở phía thượng lưu do đó biên độ dao động của mực nước sông giữa hai mùa khá lớn, điều này cũng dẫn đến lượng bổ

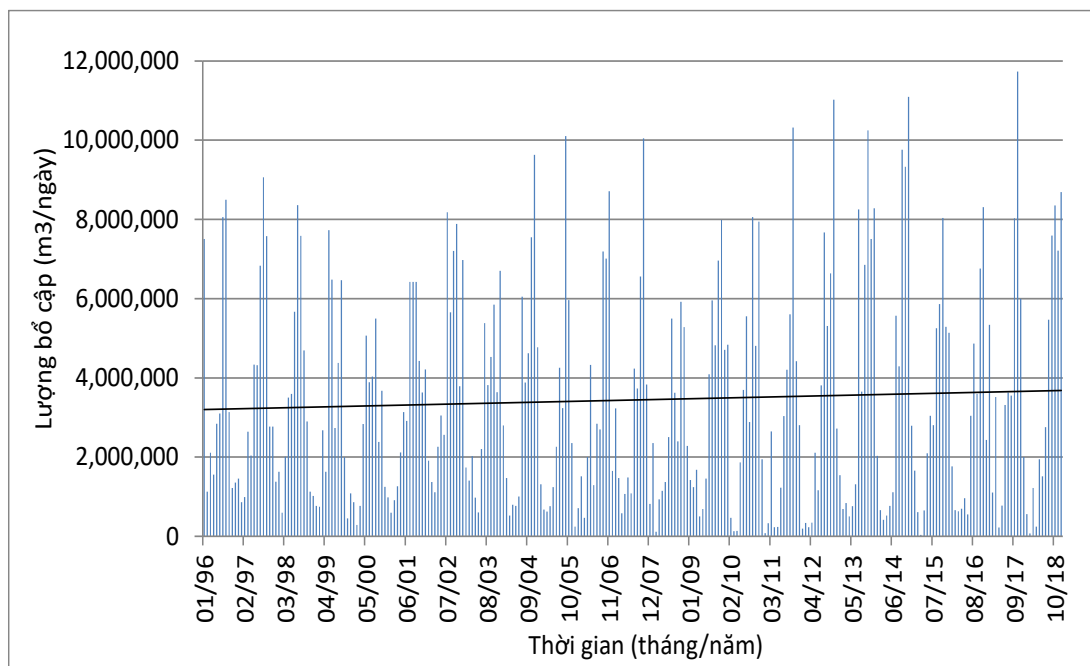


cấp của sông cho nước dưới đất vào mùa mưa khá lớn. Tuy nhiên đối với giai đoạn sau năm 2011 do ảnh hưởng của hệ thống hồ đập mà biên độ mực nước sông giữa hai mùa giảm đi rõ rệt, dẫn đến lượng bổ cấp vào mùa mưa của nước sông cho nước dưới đất cũng giảm dần. Đối với khu vực Hà Nội, ngoài ảnh hưởng của hệ thống hồ đập ở thượng lưu, khu vực nội thành Hà Nội cũng là khu vực chịu ảnh hưởng của hoạt động khai thác nước mạnh mẽ làm suy giảm mực nước dưới đất. Do mực nước dưới đất bị suy giảm lớn dẫn đến ngay cả vào thời điểm mùa kiệt mực nước ở sông vẫn cao hơn mực nước dưới đất nên nước dưới đất vẫn nhận được sự bổ cấp của nước sông vào mùa kiệt. Có thể thấy từ năm 2013 đến nay tại khu vực nội đô Hà Nội quan hệ nước mặt và nước dưới đất chỉ có quan hệ 1 chiều là nước mặt cấp cho nước dưới đất.

#### ***5.1.4.2. Cung cấp thấm tự nhiên từ nước mưa, nước trên mặt cho nước dưới đất***

Lượng bổ cấp từ mưa cho nước dưới đất được xác định phụ thuộc vào i) lượng mưa, ii) lớp phủ bề mặt - sử dụng đất, iii) loại đất, iv) trầm tích Đệ tứ và đá gốc, v) mực nước dưới đất, vi) địa mạo, vii) độ dốc địa hình, viii) mật độ sông suối.

Vào thời điểm mùa mưa, do mưa nhiều mà lượng bổ cấp của nước mưa cho nước dưới đất tăng cao và vào thời điểm mùa kiệt lượng mưa giảm do đó lượng bổ cấp cho nước dưới đất giảm mạnh, thậm chí bằng 0. Kết quả tính cân bằng nước từ năm 1996 cho đến 2018 cho thấy xu hướng lượng mưa cấp cho nước dưới đất có xu hướng tăng nhẹ trên toàn đồng bằng.

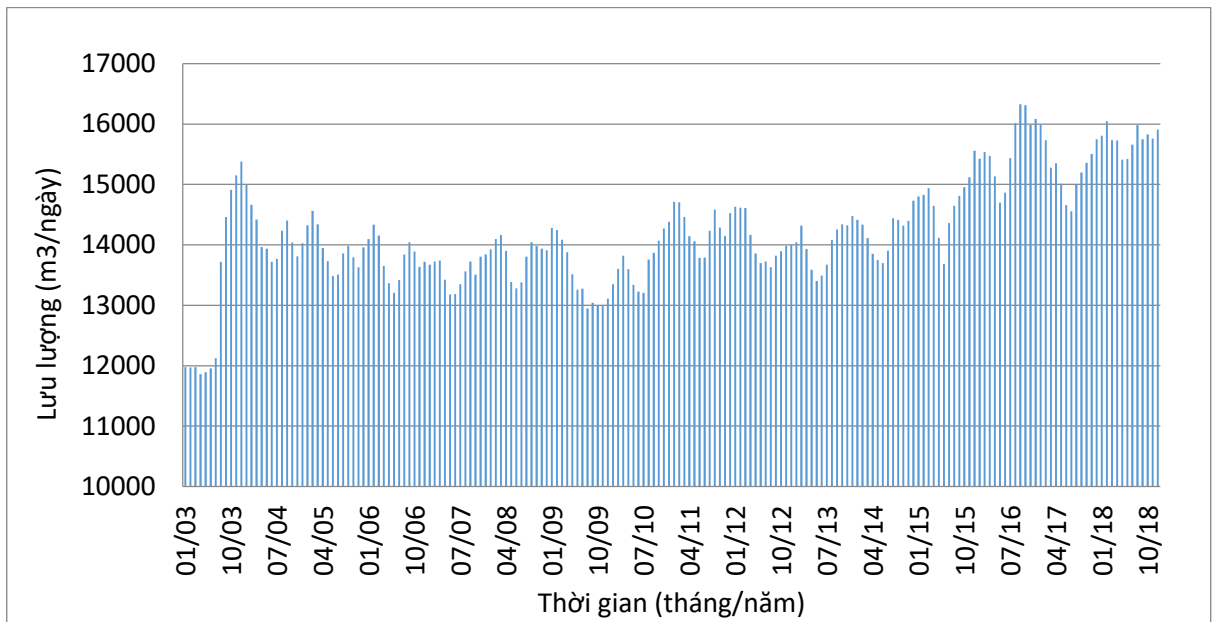


Hình 5.9. Lượng bổ cấp của nước mưa cho NDD vùng ĐBSH

### 5.1.4.3. Cung cấp thấm tự nhiên từ biên đá gốc cho nước dưới đất

Lưu lượng cung cấp qua biên ven rìa Tây Nam vùng nghiên cứu cho NĐĐ trầm tích Đệ tứ biến đổi từ 19.815 m<sup>3</sup>/ngày đến 20.349 m<sup>3</sup>/ngày, trung bình 19.860 m<sup>3</sup>/ngày. Trong đó lưu lượng nước cung cấp qua biên vào TCN qh từ 9.063 m<sup>3</sup>/ngày đến 9.867 m<sup>3</sup>/ngày, trung bình 9.800 m<sup>3</sup>/ngày; cung cấp qua biên TCN qp với lưu lượng từ 9948 m<sup>3</sup>/ngày đến 11.287 m<sup>3</sup>/ngày, trung bình 10060m<sup>3</sup>/ngày (Triệu Đức Huy, 2021)

Đối với các biên đá gốc khác đoạn đoạn Chùa Thầy - Ninh Bình được xác định thông qua lưu lượng các chỗ khoan ép nước và từ kết quả bài toán chỉnh lý mô hình trích xuất dữ liệu biên tại các lỗ khoan ép nước cho thấy lượng nước cung cấp qua biên biến đổi từ 12.000 đến 16.000 m<sup>3</sup>/ngày và thay đổi theo mùa, vào mùa mưa lưu lượng bổ cập lớn hơn so với mùa khô và có xu hướng tăng nhẹ theo thời gian (Hình 5.10).

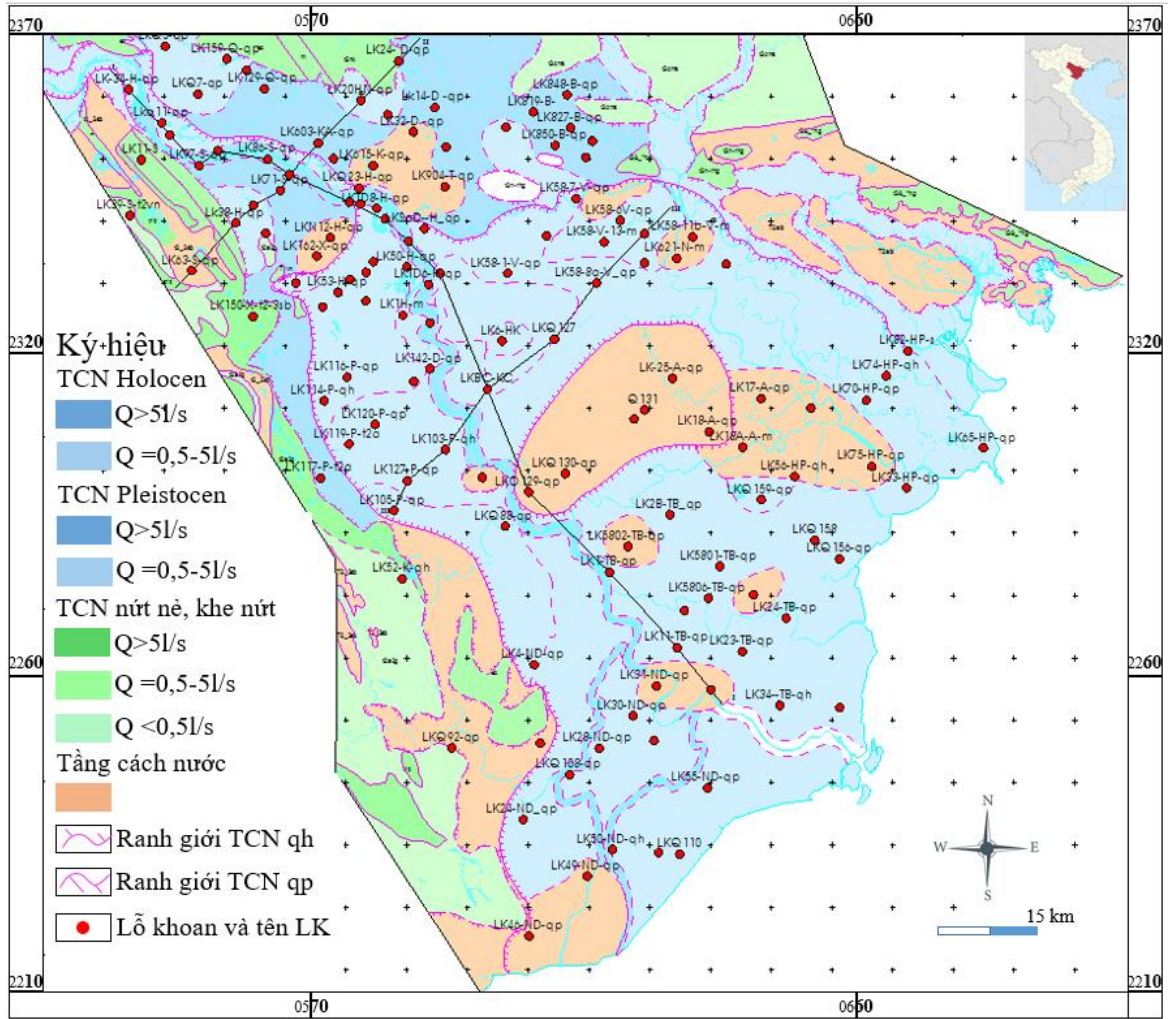


Hình 5.10. Biến động lưu lượng dòng thấm từ biên đá gốc vùng rìa ĐBSH tại đoạn Chùa Thầy - Ninh Bình

## 5.1.5. Kết đánh giá sai số chỉnh lý mô hình

### 5.1.5.1. Kết quả chỉnh lý mô hình

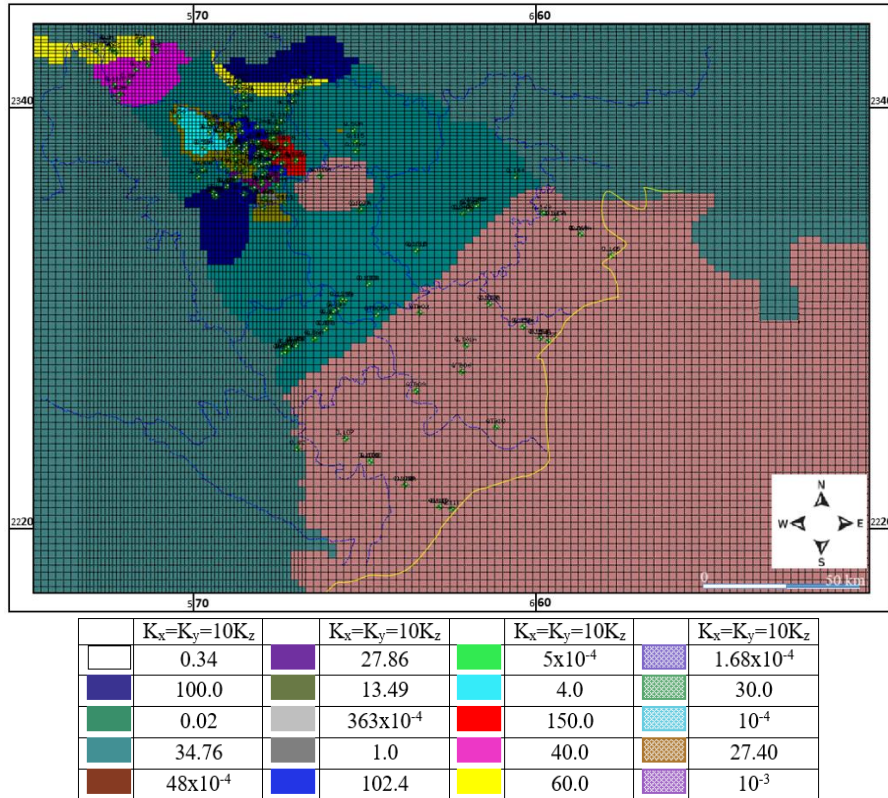
Để chỉnh lý mô hình, NCS giải bài toán ngược, không ổn định dựa theo tài liệu quan trắc mực nước thực tế tại các giếng quan trắc địa phương và quan trắc quốc gia từ năm 1/1996 đến năm 1/2018 (Hình 5.11).



Hình 5.11. Mạng lưới quan trắc quốc gia môi trường NĐĐ vùng ĐBSH (Vũ Thanh Tâm, 2018)

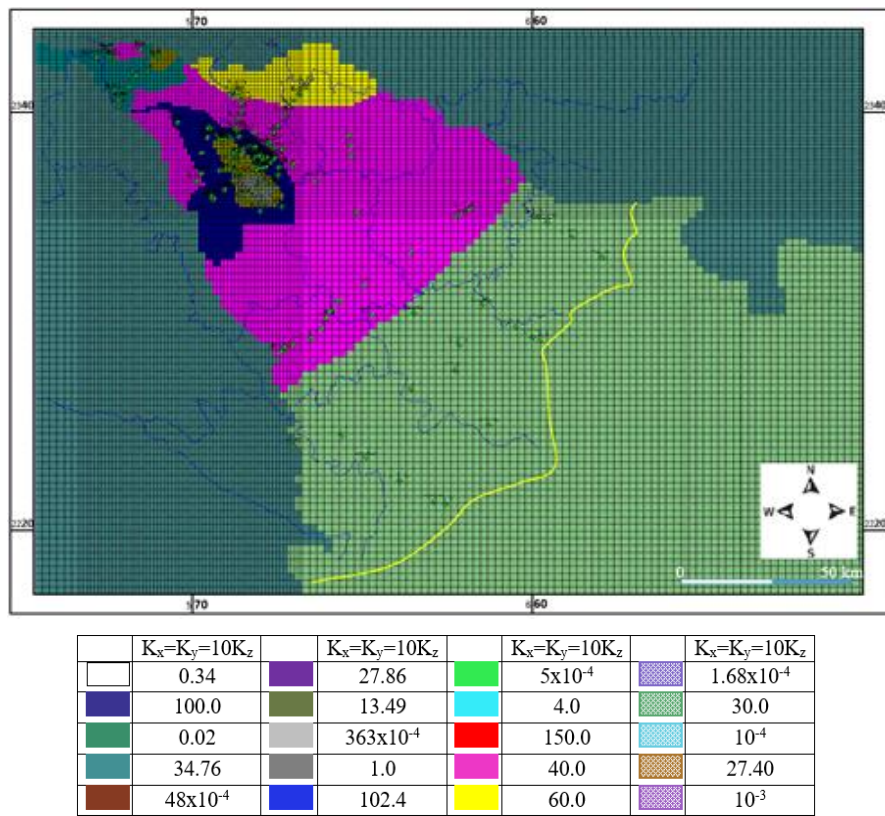
Mức độ tin cậy của mô hình được xác định qua sai số mực nước giữa mô hình và quan trắc thực tế.

Kết quả chỉnh lý hệ số thấm tầng chứa nước Holocen được thể hiện ở Hình 5.12. Đối với hệ số nhả nước trọng lực tầng chứa nước Holocen được lấy từ  $0,1 \div 0,2$  đối với những khu vực tầng chứa nước không áp. Đối với những khu vực tầng chứa nước có áp Pleistocen thì ngoài hệ số nhả nước trọng lực lấy như trên, hệ số nhả nước đàn hồi được xác định bằng  $10^{-4} \div 10^{-5}$ .

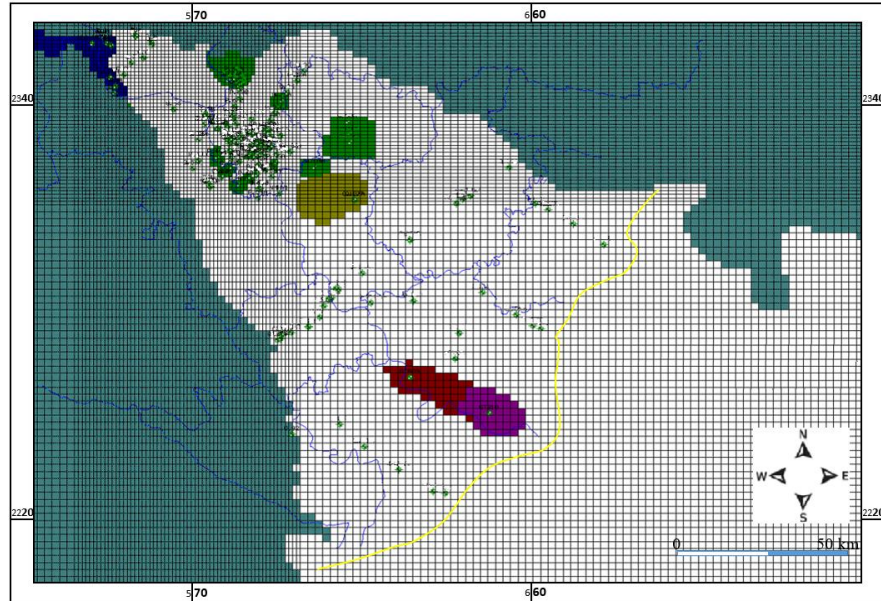


Hình 5.12. Hệ số thấm tầng chứa nước Holocen

Kết quả chỉnh lý hệ số thấm và hệ số nhả nước đàn hồi của tầng chứa nước Pleistocen lần lượt được thể hiện ở các Hình 5.13 và Hình 5.14.



Hình 5.13. Hệ số thấm tầng chứa nước Pleistocen

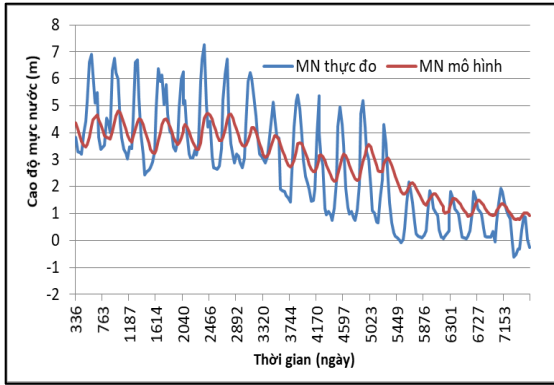


	$K_x=K_y=10K_z$		$K_x=K_y=10K_z$		$K_x=K_y=10K_z$		$K_x=K_y=10K_z$
	0.34		27.86		$5 \times 10^{-4}$		$1.68 \times 10^{-4}$
	100.0		13.49		4.0		30.0
	0.02		$363 \times 10^{-4}$		150.0		$10^{-4}$
	34.76		1.0		40.0		27.40
	$48 \times 10^{-4}$		102.4		60.0		$10^{-3}$

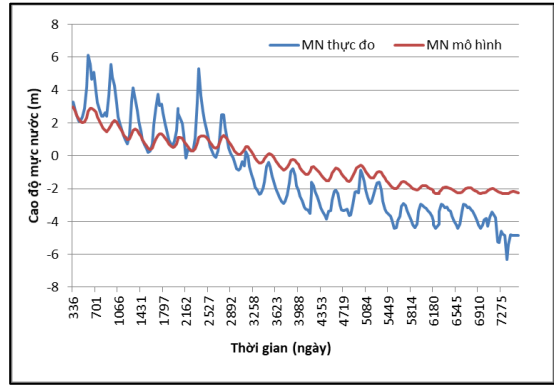
Hình 5.14. Hệ số nhả nước đàn hồi TCN Pleistocen

#### 5.1.5.2. Kết quả đánh giá sai số của mô hình

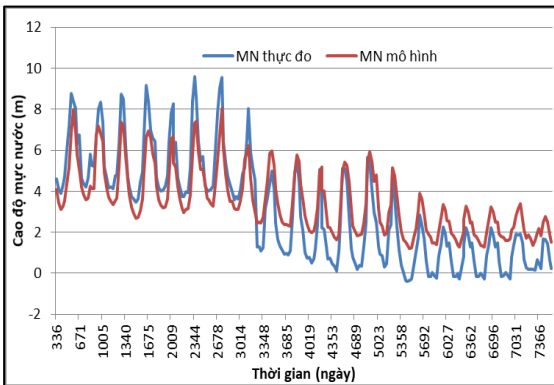
Kết quả đánh giá sai số mô hình cho tầng chứa nước Holocen cho thấy sai số lớn nhất là 4,4m tại công trình Q.64, sai số nhỏ nhất là 0,0m tại công trình Q.85, sai số trung bình là 0,197m và sai số trung bình tuyệt đối là 0,861, sai số trung bình phương NRMS là 5,9%. So sánh mực nước theo số liệu tính toán của mô hình và quan trắc được thể hiện trên Hình 5.15. Chi tiết kết quả chỉnh lý cho từng công trình quan trắc tầng chứa nước (qh) xem (PHỤ LỤC 1).



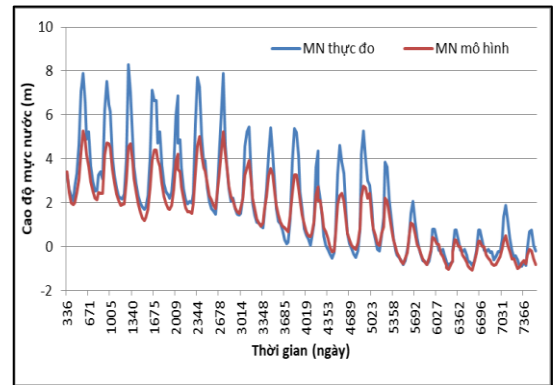
a) P.13B/A



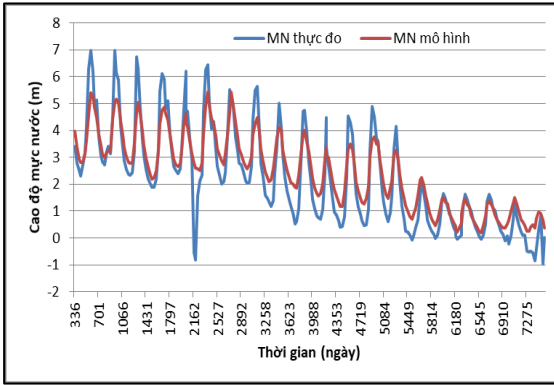
b) P.17B/A



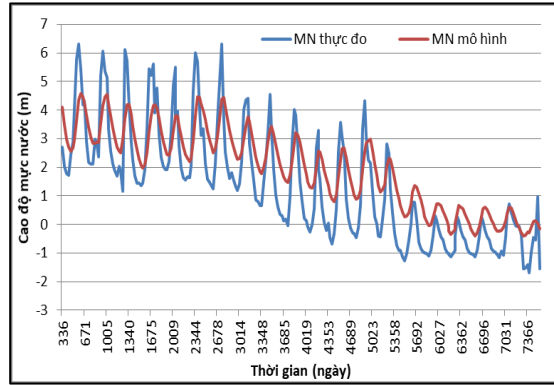
c) P.33B/A



d) P.76B/A



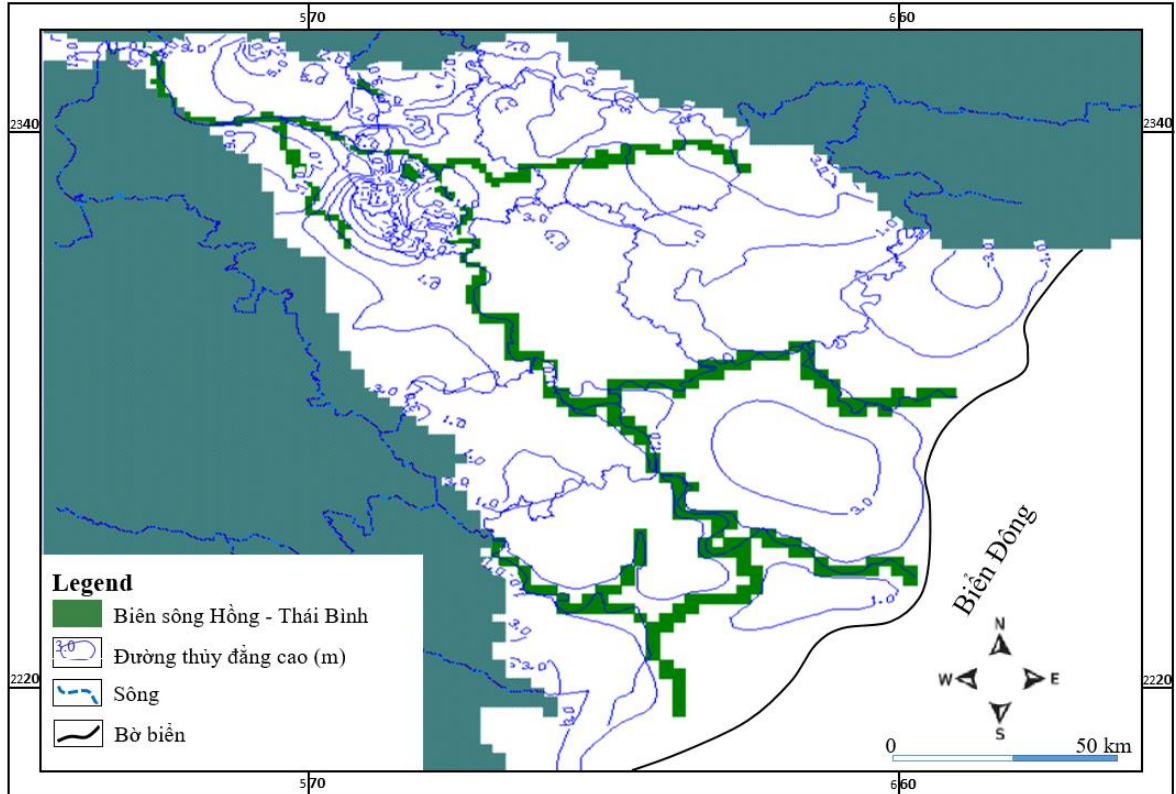
e) P.80B/A



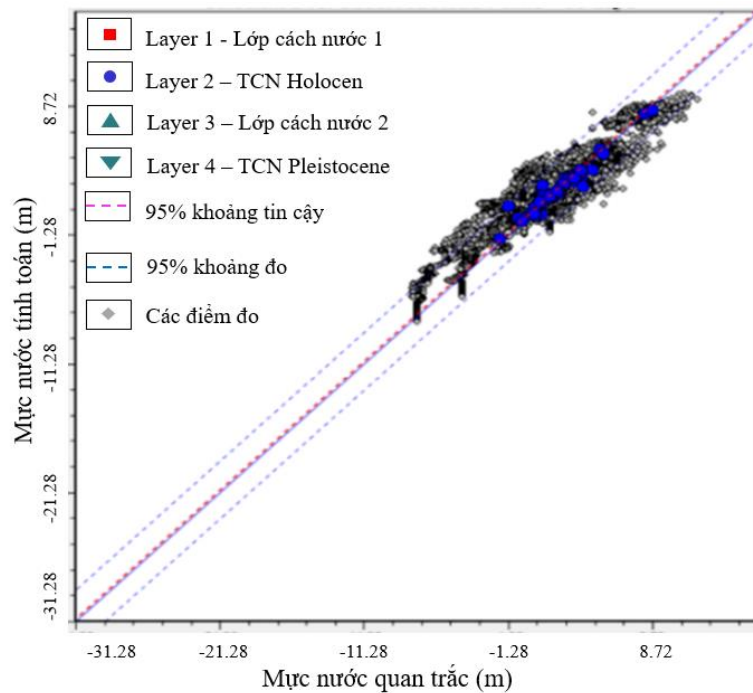
f) P.77B/A

Hình 5.15. So sánh mực nước theo số liệu tính toán của mô hình và quan trắc tại các lỗ khoan quan trắc tầng chứa nước Holocen

a) P.13B/A b) P.17B/A c) P.33B/A d) P.76B/A e) P.80B/A và f) P.77B/A



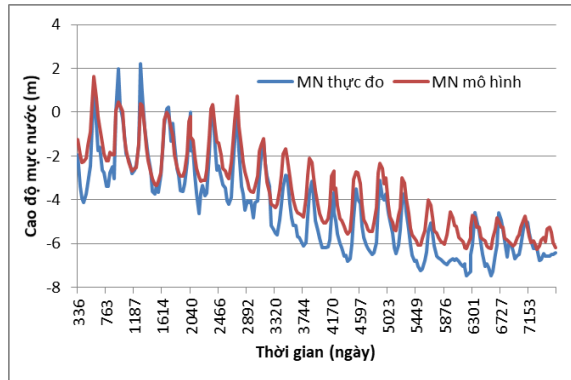
Hình 5.16. Đường thủy đẳng cao TCN Holocen (qh) tháng 1 năm 2018



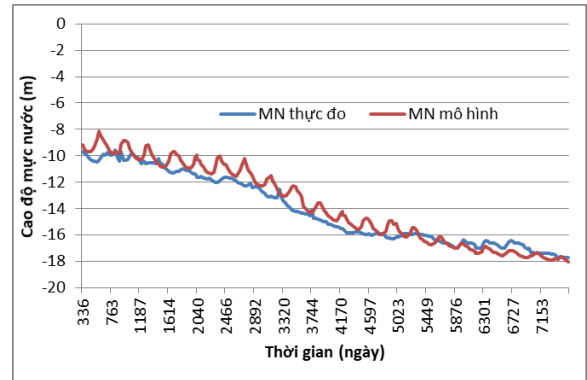
Hình 5.17. Kết quả so sánh mực nước tính toán theo mô hình và quan trắc tại các lỗ khoan quan trắc TCN Holocen (qh)

Kết quả chỉnh lý đối với tầng chứa nước (qp) tại các công trình quan trắc cho thấy sai số lớn nhất là 4,96m tại công trình quan trắc P.73a, sai số nhỏ nhất 0,0m tại Q.164a, sai số tương đối 0,067m, sai số tuyệt đối là 0,906m, sai số quân phương

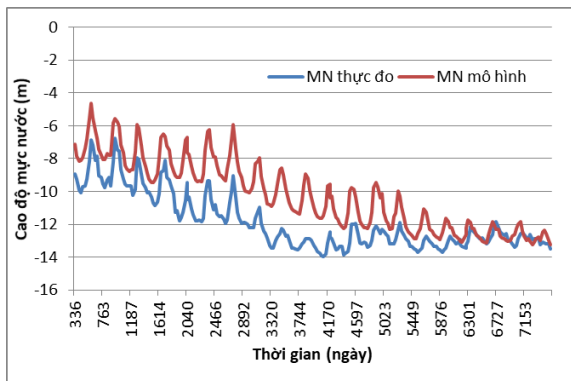
NRMS 2,621%. So sánh mực nước theo số liệu tính toán của mô hình và quan trắc được thể hiện trên Hình 5.18. Chi tiết kết quả chỉnh lý cho từng công trình quan trắc tầng chứa nước (qp) (PHỤ LỤC 1).



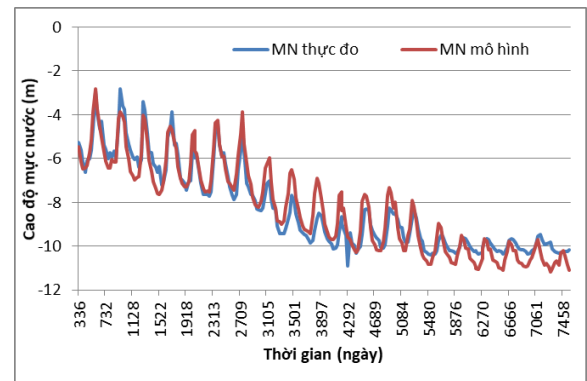
P.27A/qp



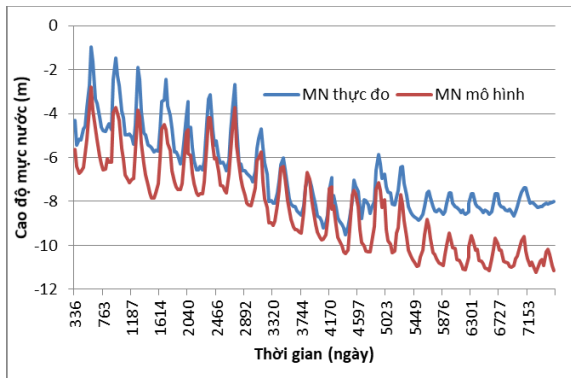
P.29A/qp



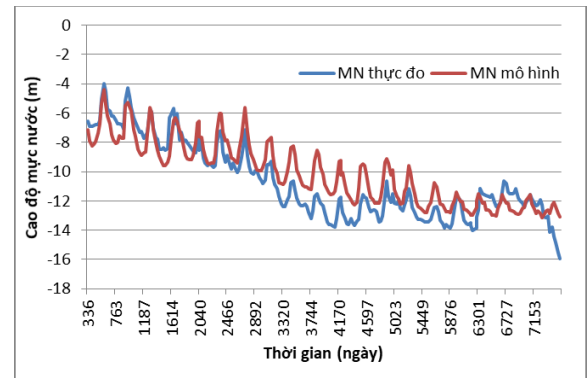
P.31A/qp



P.32A/qp



P.35A/qp

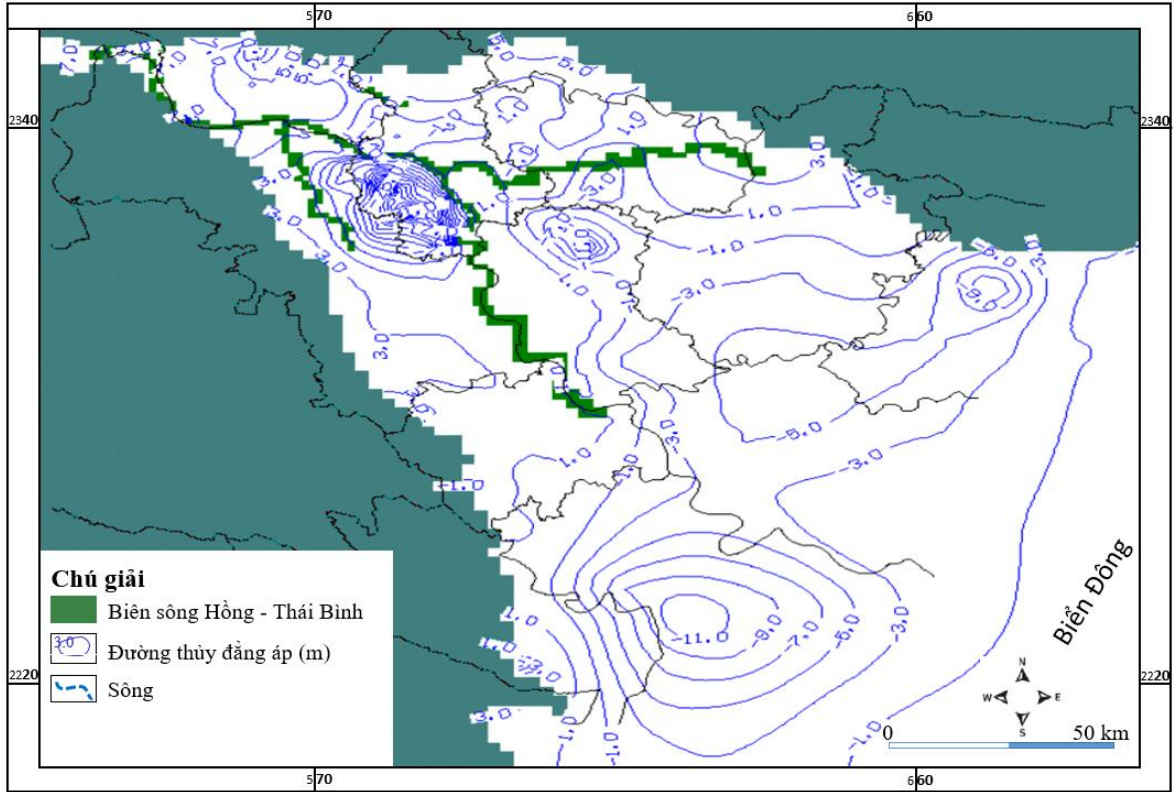


P.38A/qp

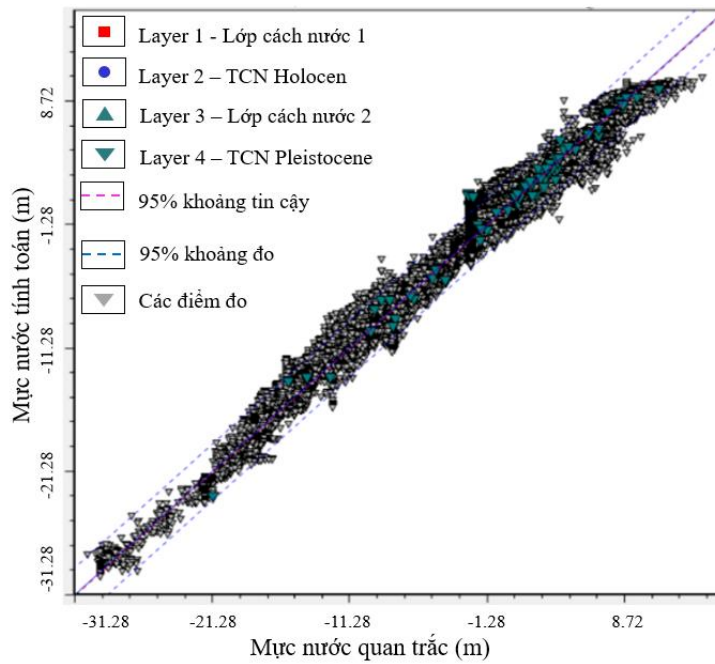
Hình 5.18. So sánh mực nước theo số liệu tính toán của mô hình và quan trắc tại các lỗ khoan quan trắc tầng chứa nước Pleistocen

a) P.27A/qp b) P.29A/qp c) P.31A/qp d) P.32A/qp e) P.35A/qp và f) P.38A/qp





Hình 5.19. Đường thủy đẳng áp TCN Pleistocen tháng 1/2018



Hình 5.20. Kết quả so sánh mực nước tính toán theo mô hình và quan trắc tại các lỗ khoan quan trắc TCN Pleistocen (qp)

## **5.2. VAI TRÒ LƯỢNG BỔ CẬP TỪ NƯỚC MƯA ĐỐI VỚI SỰ HÌNH THÀNH TRỮ LƯỢNG NƯỚC DƯỚI ĐẤT TRẦM TÍCH ĐỆ TỨ VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG**

### **5.2.1. Tầng chứa nước Holocen**

Kết quả chiết xuất số liệu tính toán cân bằng nước cho TCN Holocen từ mô-đun “Zone Budget” được thể hiện trong Hình 5.21, Hình 5.22, với các tháng trong năm lần lượt là tháng III (mùa khô), tháng VI (mùa mưa), tháng IX (mùa mưa) và tháng XII (mùa khô). Trong Hình 5.22, các đại lượng mang dấu dương thể hiện các thành phần đóng góp vào hệ thống NĐĐ và đại lượng mang dấu âm thể hiện các thành phần thoát ra khỏi hệ thống NĐĐ TCN Holocen.

i) Bảng 5.1, Hình 5.22 cho thấy lượng nước đóng góp chính cho TCN Holocen bao gồm từ nguồn bổ cập từ nước mưa, nước tưới (cao nhất 85,40% vào tháng 6); từ nguồn xâm phạm trữ lượng tĩnh (cao nhất 80,76% vào tháng 12). Lượng nước thoát chính ra khỏi hệ thống NĐĐ gồm thoát do bốc hơi (cao nhất 45,42% vào tháng 12), thoát ra hệ thống sông, kênh (vào mùa khô 15,63% đến 21,07%) và qua thấm xuyên cho TCN bên dưới (29,70% đến 37,52%).

ii) Hình 5.21.a và Hình 5.21.d cho thấy thành phần cung cấp thấm cho TCN Holocen vào các tháng mùa khô.

Lượng đóng góp chính cho hệ thống TCN Holocen trong mùa khô bao gồm từ nguồn bổ cập từ nước mưa, nước tưới (13,63% - 59,85%); từ nguồn xâm phạm trữ lượng tĩnh (28,85% - 80,76%). Trong mùa này vẫn có lượng bổ cập nhỏ do sông, do thấm xuyên và do đá gốc ven rìa.

Lượng nước thoát ra chính khỏi hệ thống TCN Holocen trong mùa khô lớn nhất là do bốc hơi (32,08%-45,42%), sau đó là do thấm xuyên (29,70%-37,52%) và thoát ra sông (15,63%-21,07%).

iii) Hình 5.21.b và Hình 5.21.c cho thấy thành phần cung cấp thấm cho TCN Holocen vào các tháng mùa mưa.

Lượng đóng góp chính cho hệ thống TCN Holocen bao gồm từ nguồn bổ cập từ nước mưa, nước tưới (81,06%-85,40%); từ sông (7,07% - 12,80%). Ngoài ra còn có bổ cập do thấm xuyên (3,31%-4,76) và một lượng rất nhỏ từ biên đá gốc ven rìa đồng bằng (0,22%-0,31%)

Lượng nước thoát ra chính khỏi hệ thống TCN Holocen bao gồm do bổ sung lại trữ lượng tĩnh đã xâm phạm vào mùa khô (41,13%-66,19%); bốc hơi (19%-35,79%). Ngoài ra có thoát do thấm xuyên (12,01%-17,33%) và ra hệ thống sông (0,72%-3,07%).

Tháng 3 - TCN qh					
	Dòng vào (m <sup>3</sup> /ngày)	%	Dòng ra (m <sup>3</sup> /ngày)	%	Vào - Ra (m <sup>3</sup> /ngày)
<b>Trữ lượng tính</b>	970290	28,85	322890	9,60	647400
<b>Biển</b>	40447	1,20	166190	4,94	-125743
<b>LK</b>	0	0,00	7925	0,24	-7925
<b>Bổ cập</b>	1997876	59,85	0	0,00	1997876
<b>Bốc hơi</b>	0	0,00	1079000	32,08	-1079000
<b>Sông</b>	194270	5,78	525640	15,63	-331370
<b>Thấm xuyên</b>	140354	3,72	1262138	37,52	-1121784
<b>Đá gốc</b>	20546	0,61	0	0	20546
<b>Tổng</b>	3363783	100	3363783	100	0

a)

Tháng 6 - TCN qh					
	Dòng vào (m <sup>3</sup> /ngày)	%	Dòng ra (m <sup>3</sup> /ngày)	%	Vào - Ra (m <sup>3</sup> /ngày)
<b>Trữ lượng tính</b>	215220	3,28	2701000,00	41,13	-2485780
<b>Biển</b>	41232	0,63	168340,00	2,56	-127108
<b>LK</b>	0	0,00	7925,00	0,12	-7925
<b>Bổ cập</b>	5607868	85,40	0,00	0,00	5607868
<b>Bốc hơi</b>	0	0	2349962,00	35,79	-2349962
<b>Sông</b>	464561	7,07	201400,00	3,07	263161
<b>Thấm xuyên</b>	217314	3,31	1137800,00	17,33	-920486
<b>Đá gốc</b>	20232	0,31	0	0	20232
<b>Tổng</b>	6566427	100	6566427	100	0

b)

Tháng 9 - TCN qh					
	Dòng vào (m <sup>3</sup> /ngày)	%	Dòng ra (m <sup>3</sup> /ngày)	%	Vào - Ra (m <sup>3</sup> /ngày)
<b>Trữ lượng tính</b>	64018	0,70	6047100	66,19	-5983082
<b>Biển</b>	41860	0,46	181540	1,99	-139680
<b>LK</b>	0	0,00	7925	0,09	-7925
<b>Bổ cập</b>	7405141	81,06	0	0,00	7405141
<b>Bốc hơi</b>	0	0,00	1736100	19,00	-1736100
<b>Sông</b>	1169465	12,80	65489	0,72	1103976
<b>Thấm xuyên</b>	434411	4,76	1097200	12,01	-662789
<b>Đá gốc</b>	20459	0,22	0	0	20459
<b>Tổng</b>	9135354	100	9135354	100	0

c)

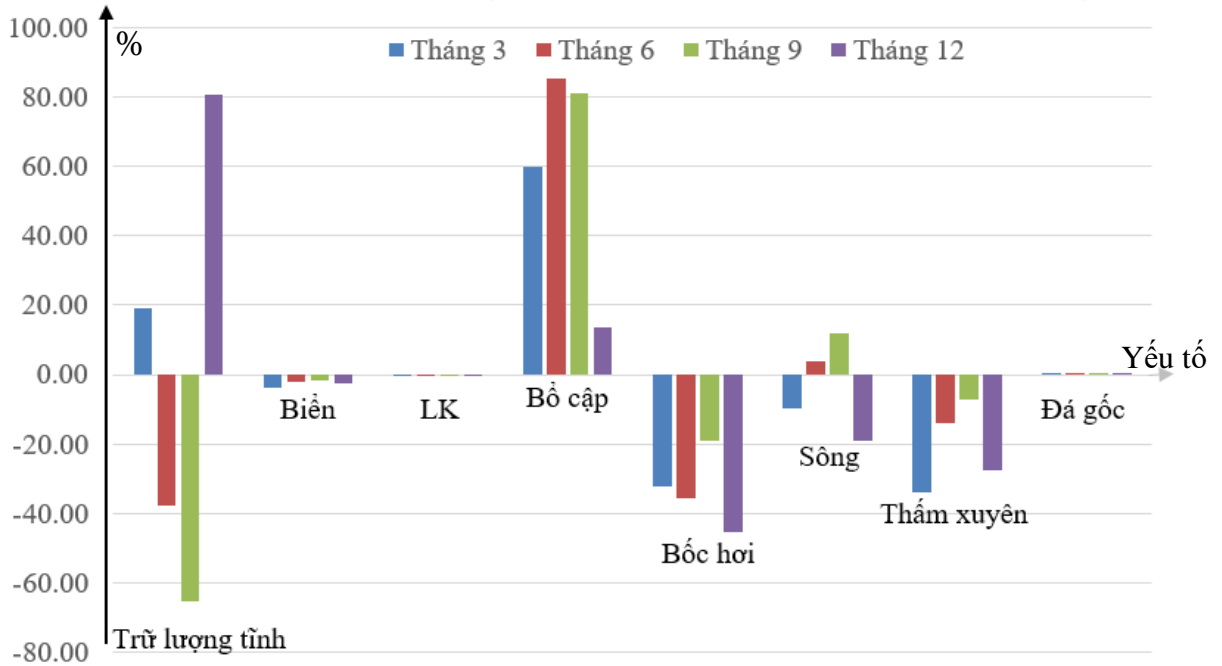
Tháng 12 - TCN qh					
	Dòng vào (m <sup>3</sup> /ngày)	%	Dòng ra (m <sup>3</sup> /ngày)	%	Vào - Ra (m <sup>3</sup> /ngày)
<b>Trữ lượng tính</b>	4028600	80,76	11664	0,23	4016936
<b>Biển</b>	42816	0,86	170400	3,42	-127584
<b>LK</b>	0	0,00	7925	0,16	-7925
<b>Bổ cập</b>	664326	13,63	0	0,00	664326
<b>Bốc hơi</b>	0	0	2265900	45,42	-2265900
<b>Sông</b>	107123	2,15	1051100	21,07	-943977
<b>Thấm xuyên</b>	125178	2,20	1481500	29,70	-1356322
<b>Đá gốc</b>	20446,00	0,41	0	0	20446
<b>Tổng</b>	4988489	100	4988489	100	0

d)

Hình 5.21. Thành phần tham gia vào cân bằng nước TCN Holocen: a) Tháng 3, b) Tháng 6, c) Tháng 9, d) Tháng 12

Bảng 5.1. Thành phần tham gia vào cân bằng nước TCN Holocen (%)

Nguồn Tháng	Trữ lượng tĩnh	Biển	LK	Bổ cấp	Bốc hơi	Sông	Thấm xuyên	Đá gốc
Tháng 3	19,25	-3,74	-0,24	59,85	-32,08	-9,85	-33,80	0,61
Tháng 6	-37,86	-1,94	-0,12	85,40	-35,79	4,01	-14,02	0,31
Tháng 9	-65,49	-1,53	-0,09	81,06	-19,00	12,08	-7,26	0,22
Tháng 12	80,52	-2,56	-0,16	13,63	-45,42	-18,92	-27,50	0,41



Hình 5.22. Thành phần tham gia vào cân bằng nước TCN Holocen theo thời gian.

Từ Hình 5.21, có thể xác định lượng bổ cấp cho tầng chứa nước Holocen theo mô hình Modflow là **15785731m<sup>3</sup>/ngày**.

### 5.2.2. Tầng chứa nước Pleistocen

Kết quả chiết xuất số liệu tính toán cân bằng nước cho TCN Pleistocen từ mô-đun “Zone Budget” được thể hiện trong Hình 5.24, Hình 5.23, với các tháng trong năm lần lượt là tháng III (mùa khô), tháng VI (mùa mưa), tháng IX (mùa mưa) và tháng XII (mùa khô). Trong Hình 5.24, các đại lượng mang dấu dương thể hiện các thành phần đóng góp vào hệ thống NĐĐ và đại lượng mang dấu âm thể hiện các thành phần thoát ra khỏi hệ thống NĐĐ TCN Pleistocen.

i) Bảng 5.2, Hình 5.24 cho thấy lượng nước đóng góp chính cho TCN Pleistocen bao gồm từ nguồn bổ cấp từ thấm xuyên (cao nhất 74,20%), từ hệ thống sông, kênh (cao nhất 41,81%), từ đá gốc bên rìa đồng bằng (0,79%-0,91%) và từ nguồn xâm phạm trữ lượng tĩnh (1,7%-3,42%).

Tháng 3 - TCN qp					
	Dòng vào (m <sup>3</sup> /ngày)	%	Dòng ra (m <sup>3</sup> /ngày)	%	Vào - Ra (m <sup>3</sup> /ngày)
<b>Trữ lượng tính</b>	58577	3,45	283,88	0,02	58293,12
<b>Biển</b>	835	0,05	0	0	835
<b>LK</b>	0	0	1503200	88,55	-1503200
<b>Bổ cập</b>	0	0	0	0	0
<b>Bốc hơi</b>	0	0	0	0	0
<b>Sông</b>	375822,9	22,14	68963	4,06	306859,9
<b>Thấm xuyên</b>	1246914	73,45	125130	7,37	1121784
<b>Đá gốc</b>	15428	0,91	0	0	15428
<b>Tổng</b>	1697577	100	1697577	100	0

a)

Tháng 6 - TCN qp					
	Dòng vào (m <sup>3</sup> /ngày)	%	Dòng ra (m <sup>3</sup> /ngày)	%	Vào - Ra (m <sup>3</sup> /ngày)
<b>Trữ lượng tính</b>	57007	3,31	2550	0,15	54457
<b>Biển</b>	853,64	0,05	0	0	853,64
<b>LK</b>	0	0	1516200	87,89	-1516200
<b>Bổ cập</b>	0	0	0	0	0
<b>Bốc hơi</b>	0	0	0	0	0
<b>Sông</b>	529183,1	30,67	3965,7	0,23	525217,4
<b>Thấm xuyên</b>	1122856	65,09	202370	11,73	920486
<b>Đá gốc</b>	15186	0,88	0	0	15186
<b>Tổng</b>	1725086	100	1725086	100	0

b)

Tháng 9 - TCN qp					
	Dòng vào (m <sup>3</sup> /ngày)	%	Dòng ra (m <sup>3</sup> /ngày)	%	Vào - Ra (m <sup>3</sup> /ngày)
<b>Trữ lượng tính</b>	49067	2,49	15547	0,79	33520
<b>Biển</b>	878,83	0,05	0	0	878,83
<b>LK</b>	0	0	1537300	77,96	-1537300
<b>Bổ cập</b>	0	0	0	0	0
<b>Bốc hơi</b>	0	0	0	0	0
<b>Sông</b>	824572,2	41,81	0	0	824572,2
<b>Thấm xuyên</b>	1081909	54,86	419120	21,25	662789
<b>Đá gốc</b>	15540	0,79	0	0	15540
<b>Tổng</b>	1971967	100	1971967	100	0

c)

Tháng 12 - TCN qp					
	Dòng vào (m <sup>3</sup> /ngày)	%	Dòng ra (m <sup>3</sup> /ngày)	%	Vào - Ra (m <sup>3</sup> /ngày)
<b>Trữ lượng tính</b>	57060	3,12	1886,8	0,10	55173,2
<b>Biển</b>	902,19	0,05	0	0	902,19
<b>LK</b>	0	0	1537300	84,11	-1537300
<b>Bổ cập</b>	0	0	0	0	0
<b>Bốc hơi</b>	0	0	0	0	0
<b>Sông</b>	288135,6	15,76	178940	9,79	109195,6
<b>Thấm xuyên</b>	1466042	80,21	109720	6,00	1356322
<b>Đá gốc</b>	15707	0,86	0	0	15707
<b>Tổng</b>	1827847	100	1827847	100	0

d)

Hình 5.23. Thành phần tham gia vào cân bằng nước TCN Pleistocen: a) Tháng 3, b) Tháng 6, c) Tháng 9, d) Tháng 12

ii) Hình 5.23.a và Hình 5.23.d cho thấy thành phần cung cấp thấm cho TCN Pleistocen vào các tháng mùa khô.

Lượng đóng góp chính cho hệ thống TCN Pleistocen trong mùa khô bao gồm từ nguồn bổ cập từ hệ thống sông (15,76% - 22,14%); từ thấm xuyên (73,45%-80,20%), ngoài ra có nguồn xâm phạm trữ lượng tĩnh và từ biên đá gốc ven rìa đồng bằng.

Lượng nước thoát ra chính khỏi hệ thống TCN Pleistocen bao gồm khai thác nước dưới đất (84,11%-88,55%); thấm xuyên (6,0%-7,37%); thoát ra sông (4,06%-9,79%).

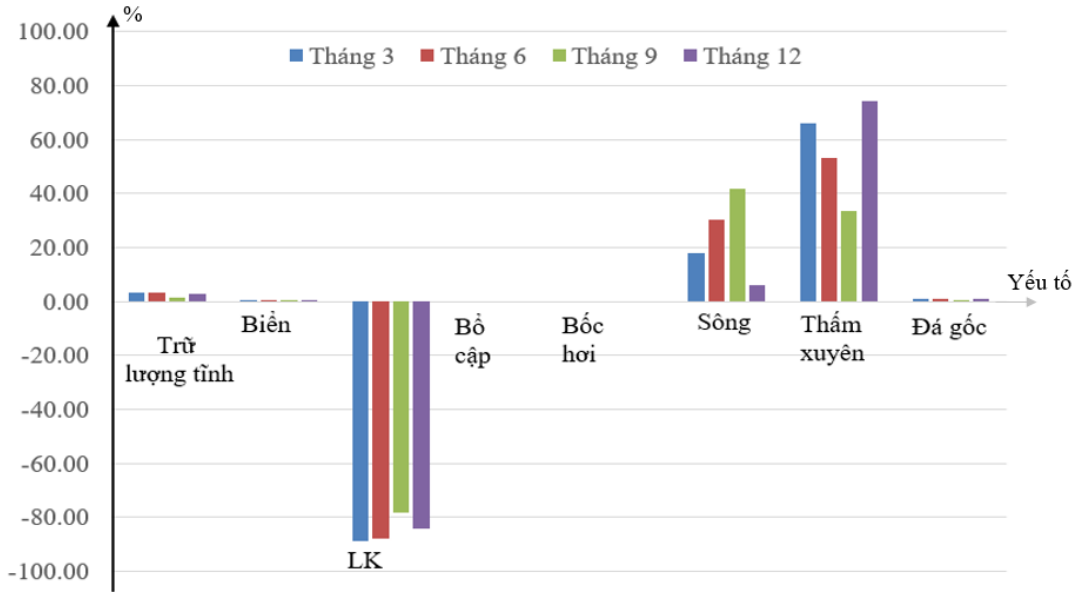
iii) Hình 5.23.b và Hình 5.23.c cho thấy thành phần cung cấp thấm cho TCN Pleistocen vào các tháng mùa mưa.

Lượng đóng góp chính cho hệ thống TCN Pleistocen bao gồm từ nguồn bổ cập từ hệ thống sông (30,67% - 41,81%); từ thấm xuyên (54,86%-65,09%) và khoảng 4% đến 9% từ nguồn xâm phạm trữ lượng tĩnh, từ biên đá gốc.

Lượng nước thoát ra chính khỏi hệ thống TCN Pleistocen bao gồm khai thác nước dưới đất (77,96%-87,89%); thấm xuyên (11,3%-21,25%).

Bảng 5.2. Thành phần tham gia vào cân bằng nước TCN Pleistocen (%)

<b>Nguồn</b> <b>Tháng</b>	<b>Trữ lượng</b> <b>tĩnh</b>	<b>Biển</b>	<b>LK</b>	<b>Bổ</b> <b>cấp</b>	<b>Bốc</b> <b>hơi</b>	<b>Sông</b>	<b>Thấm</b> <b>xuyên</b>	<b>Đá</b> <b>gốc</b>
<b>Tháng 3</b>	3,43	0,05	-88,55	0,00	0,00	18,08	66,08	0,91
<b>Tháng 6</b>	3,16	0,05	-87,89	0,00	0,00	30,45	53,36	0,88
<b>Tháng 9</b>	1,70	0,04	-77,96	0,00	0,00	41,81	33,61	0,79
<b>Tháng 12</b>	3,02	0,05	-84,10	0,00	0,00	5,97	74,20	0,86



Hình 5.24. Thành phần tham gia vào cân bằng nước TCN Pleistocen theo thời gian.

### 5.2.3. Tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ

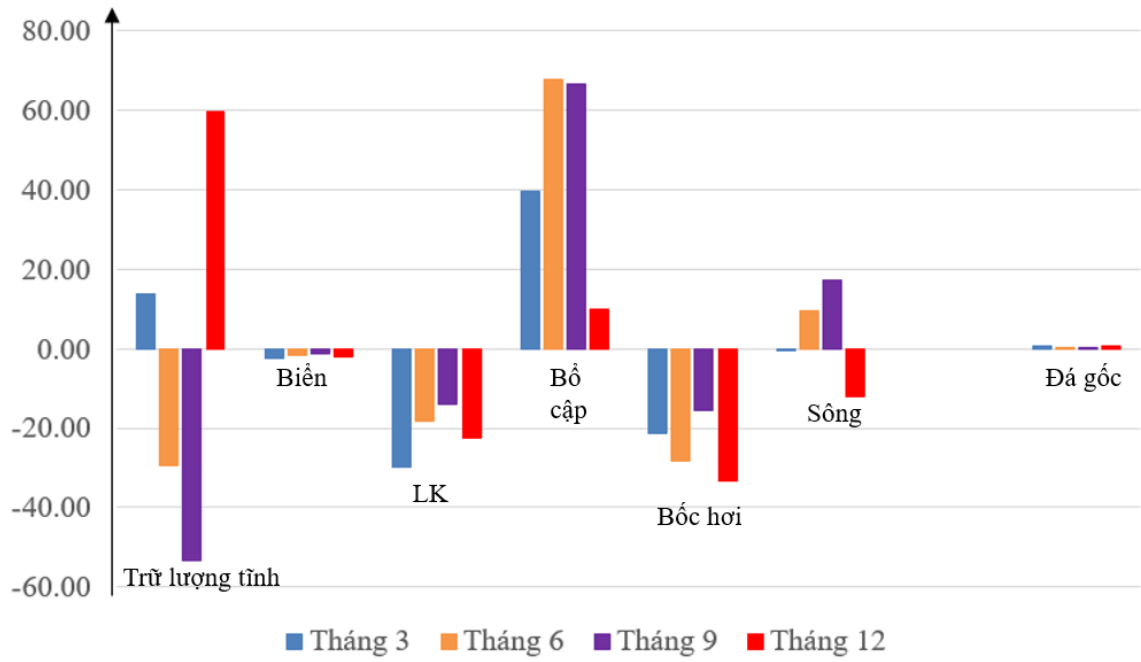
Bảng 5.3, Hình 5.25 cho thấy được sự biến đổi các thành phần tham gia vào cân bằng nước nước dưới đất trầm tích Đệ tứ theo thời gian.

- Lượng bổ cập từ nước mưa, nước tưới, nước trên mặt cho nước dưới đất trầm tích Đệ tứ được diễn ra tất cả các mùa trong năm, lớn nhất vào mùa mưa, chiếm đến 67,63% tổng lượng bổ cập, tương ứng 5607868 m<sup>3</sup>/ngày. Ngược lại vào mùa khô, lượng bổ cập này còn 9,75%, tương ứng 664326m<sup>3</sup>/ngày. Lượng bổ cập từ nước sông cho nước dưới đất trầm tích Đệ tứ chỉ xảy ra chủ yếu vào mùa mưa chiếm từ 9,51% -17,36%, tương ứng từ 788378m<sup>3</sup>/ngày to 1928548m<sup>3</sup>/ngày. Lượng bổ cập từ biên đá gốc ven rìa đồng bằng, lượng nước thoát ra biển xảy ra ở tất cả các mùa trong năm nhưng với lượng không lớn.

- Lượng xâm phạm trữ lượng tĩnh do thành phần khai thác chiếm 13,91% đến 29,86% và do thành phần bốc hơi chiếm 13,94%-59,74%, tương ứng từ 705693 m<sup>3</sup>/ngày đến 4085660m<sup>3</sup>/ngày.

Bảng 5.3. Các thành phần tham gia cân bằng nước TCNDD trầm tích Đệ tứ

Nguồn Tháng	Trữ lượng tĩnh	Biển	LK	Bổ cập	Bốc hơi	Sông	Thấm xuyên	Đá gốc
Tháng 3	13,94	-2,47	-29,86	39,47	-21,32	-0,48	0,00	0,71
Tháng 6	-29,32	-1,52	-18,38	67,63	-28,34	9,51	0,00	0,43
Tháng 9	-53,56	-1,25	-13,91	66,67	-15,63	17,36	0,00	0,32
Tháng 12	59,74	-1,86	-22,67	9,75	-33,24	-12,25	0,00	0,53



Hình 5.25. Thành phần tham gia vào cân bằng nước TCN dưới đất trầm tích Độ tứ



### **5.3. KẾT LUẬN CHƯƠNG 5.**

Nguồn nước đóng góp chính cho TCN Holocen là từ nguồn nước mưa, nước tưới; nguồn xâm phạm trữ lượng tĩnh. Lượng nước thoát chính ra khỏi hệ thống NĐĐ gồm thoát do bốc hơi, thoát ra hệ thống sông, kênh và qua thấm xuyên cho TCN bên dưới.

Nguồn nước đóng góp chính cho TCN Pleistocen bao gồm từ nguồn sông, kênh; nguồn thấm xuyên, từ đá gốc bên rìa đồng bằng và từ nguồn xâm phạm trữ lượng tĩnh.

Nguồn bổ cập chính cho TCN Đệ tứ ĐBSH gồm nguồn bổ cập từ nước mưa, nước tưới, nước trên mặt diễn ra tất cả các mùa trong năm, lớn nhất vào mùa mưa; nguồn bổ cập từ nước sông và nguồn bổ cập từ biên đá gốc ven rìa đồng bằng với lượng không lớn diễn ra quanh năm.

Nguồn thoát chủ yếu của các TCN Đệ tứ ĐBSH là do khai thác nước dưới đất và do thành phần bốc hơi xuất hiện quanh năm. Nguồn thoát ra biển với lượng nhỏ xảy ra ở tất cả các mùa trong năm.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đề tài “Nghiên cứu yếu tố ảnh hưởng đến lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất các trầm tích đệ tứ vùng đồng bằng sông Hồng” được tổng hợp thành các vấn đề chính như sau:

1. Xây dựng được hệ phương pháp xác định, đánh giá yếu tố ảnh hưởng đến lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất trầm tích Đệ tứ ĐBSH bằng cách kết hợp hiệu quả phương pháp thủy văn đồng vị, phương pháp viễn thám - GIS, phương pháp giải tích và phương pháp mô hình số. Từ nghiên cứu tại ĐBSH, tổ hợp phương pháp này có thể sử dụng cho các vùng khác.

2. Các yếu tố ảnh hưởng đến bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất ĐBSH theo thứ tự từ ảnh hưởng nhiều đến ảnh hưởng ít gồm lượng mưa, lớp phủ bề mặt - sử dụng đất, loại đất, trầm tích Đệ tứ và đá gốc, mực nước dưới đất, địa mạo, độ dốc địa hình và mật độ sông suối.

3. Phân vùng được vùng tiềm năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất ĐBSH theo giá trị tiềm năng bổ cập nước dưới đất (GRI), với giá trị GRI thay đổi trong khoảng từ 0,08 đến 0,30.

4. Xác định lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất theo vùng tiềm năng bổ cập: i) vùng I, tiềm năng bổ cập thấp, lượng bổ cập trung bình 188mm/năm ứng với GRI trong khoảng 0,08 đến 0,16, ii) vùng II, tiềm năng bổ cập trung bình, lượng bổ cập trung bình 372mm/năm ứng với GRI trong khoảng 0,16 đến 0,23 và iii) vùng III, tiềm năng bổ cập cao, lượng bổ cập trung bình 429mm/năm ứng với GRI trong khoảng 0,23 đến 0,30.

5. Đánh giá được vai trò của nước mưa trong sự hình thành trữ lượng nước dưới đất. TCN Holocen: nguồn nước đóng góp chính là từ nước mưa, nước tưới và từ xâm phạm trữ lượng tĩnh; nguồn thoát nước chính ra khỏi hệ thống gồm do bốc hơi, thoát ra hệ thống sông, kênh và qua thấm xuyên cho TCN bên dưới. TCN Pleistocen: nguồn nước đóng góp chính gồm từ sông, kênh, thấm xuyên, từ đá gốc bên rìa đồng bằng và từ nguồn xâm phạm trữ lượng tĩnh; nguồn thoát nước chính ra khỏi hệ thống chủ yếu do khai thác nước dưới đất, thấm xuyên.

Nguồn bổ cập chính cho TCN Đệ tứ ĐBSH gồm i) nguồn bổ cập từ nước mưa, nước tưới, nước trên mặt diễn ra tất cả các mùa trong năm, lớn nhất vào mùa mưa chiếm đến 67,63% tổng lượng bổ cập, tương ứng 5607868 m<sup>3</sup>/ngày. Ngược lại vào mùa khô, lượng bổ cập này còn 9,75%, tương ứng 664326m<sup>3</sup>/ngày. Lượng bổ cập từ nước sông cho nước dưới đất trầm tích Đệ tứ chỉ xảy ra chủ yếu vào mùa mưa

chiếm từ 9,51% -17,36%, tương ứng từ 788378m<sup>3</sup>/ngày to 1928548m<sup>3</sup>/ngày. Lượng bổ cập từ biên đá gốc ven rìa đồng bằng, lượng nước thoát ra biển xảy ra ở tất cả các mùa trong năm nhưng với lượng không lớn.

Nguồn thoát chủ yếu của các TCN Đệ tứ ĐBSH là do xâm phạm trữ lượng tĩnh (do thành phần khai thác nước dưới đất) chiếm 13,91% đến 29,86% và do thành phần bốc hơi chiếm 13,94% đến 59,74%, tương ứng từ 705693m<sup>3</sup>/ngày đến 4085660m<sup>3</sup>/ngày.

### **KIẾN NGHỊ**

Do điều kiện triển khai thực địa bị hạn chế, nên các mẫu đồng vị đặc biệt là đồng vị bền cần được bổ sung mùa mưa thì kết quả nghiên cứu sẽ có độ tin cậy cao hơn.

Các mẫu đồng vị phóng xạ cần được bổ sung để đảm bảo rằng số mẫu đủ phản ánh và đại diện cho mỗi vùng tiềm năng bổ cập khác nhau cũng như đảm bảo độ sâu lấy mẫu đồng vị khác nhau, phân bố đều trong TCN Holocen.

Bổ sung tính toán giá trị bổ cập từ mưa cho nước dưới đất theo phương pháp dao động mực nước trên toàn khu vực nghiên cứu.

Khi số mẫu đủ lớn, cần tiến hành đánh giá độ nhạy của các trọng số theo phương pháp Giải đoán đường cong tiên lượng ROC, từ đó củng cố thêm cơ sở tin cậy cho hệ phương pháp xác định lượng bổ cập cho nước dưới đất từ nước mưa.

Công tác quản lý, khai thác bền vững, và bảo vệ môi trường nước dưới đất trầm tích Đệ tứ ĐBSH cần được quan tâm xem xét đến vai trò nguồn bổ cập tự nhiên nước dưới đất cũng như các thành phần cung cấp khác được đánh giá toàn diện trong nghiên cứu này.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đoàn Văn Cảnh, 2015, *Nghiên cứu đề xuất các tiêu chí và phân vùng khai thác bền vững, bảo vệ tài nguyên nước dưới đất vùng đồng bằng Bắc Bộ và đồng bằng Nam Bộ*, Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu cấp nhà nước, Mã số: KC.08.06/11-15, Hà Nội, 281 trang.
2. Đoàn Văn Cảnh, Phạm Quý Nhân, 2002, *Phương pháp tìm kiếm, thăm dò và đánh giá trữ lượng khai thác nước dưới đất*. Nhà xuất bản Xây dựng, 200 trang.
3. I.S Zektser and L.G Everett, 2004, Groundwater resources of the world and their use, *UNESCO, IHP-VI, Series on Groundwater*, No. 6, Paris, 346 p.
4. R.A. Freeze, J.A. Cherry, 1979, *Ground water*, Prentice-Hall. Inc., Englewood Cliffs, N.J. 07632.
5. W.C. Walton, 1970, *Ground water resources evaluation*, McGraw Hill Text, ISBN-10: 0070680515.
6. N.N. Bindeman, L.X. Iadvin, 1970, *Đánh giá trữ lượng khai thác nước dưới đất (chỉ đạo phương pháp)*, Viện nghiên cứu khoa học Địa chất Thủy văn và Địa chất Công trình toàn Liên bang, Bộ Địa chất Liên Xô, NXB “Nhedr”, Đặng Hữu Ôn, Nguyễn Thanh Sinh, Nguyễn Tuấn Khoa dịch.
7. Thủ tướng Chính Phủ, 2022, *Quyết định số 492/QĐ-TTg ngày 19/04/2022 của Thủ tướng Chính phủ về việc Phê duyệt nhiệm vụ lập Quy hoạch vùng đồng bằng sông Hồng thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050*.
8. Hồ Việt Cường (Chủ nhiệm đề tài) và nnk, 2020, *Nghiên cứu đánh giá xu thế diễn biến, tác động của hạn hán, xâm nhập mặn đối với phát triển kinh tế xã hội vùng đồng bằng sông Hồng - Thái Bình và đề xuất các giải pháp ứng phó*, Bộ Khoa học và Công nghệ, mã số KC.08.05/16-20.
9. Phùng Văn Phách, Dương Ngọc Hải, Nguyễn Trung Thành, Vũ Lê Phương, Mai Đức Đông, Lê Đức Anh, Phạm Quang Sơn, Đỗ Huy Cường, 2018, *Sự hình thành và phát triển châu thổ sông Hồng giai đoạn Holocen*, Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, ISBN: 978-604-913-802-7.
10. Phạm Quý Nhân, 2000, *Sự hình thành và trữ lượng nước dưới đất các trầm tích Đệ tứ đồng bằng sông Hồng và ý nghĩa của nó trong nền kinh tế quốc dân*, Luận án Tiến sĩ, Đại học Mỏ Địa chất.
11. Phạm Quang Sơn, 2004, *Nghiên cứu sự phát triển vùng ven biển của sông Hồng-sông Thái Bình trên cơ sở ứng dụng thông tin viễn thám và hệ thống tin địa lý (GIS) phục vụ khai thác, sử dụng hợp lý lãnh thổ*, Luận án Tiến sĩ Địa lý, Thư viện Quốc Gia Hà Nội, 155 trang.

12. Trần Thị Lựu. 2016, *Cơ chế rửa mặn của nước trong các tầng trầm tích biển tuổi Đệ tứ khu vực châu thổ Sông Hồng*, Luận án Tiến sĩ Địa chất, Thư viện Quốc Gia Việt Nam, Hà Nội.
13. G.N. Delin, R.W Healy, D.L. Lorenz, J.R. Nimmo, 2007, Comparison of local-to regional-scale estimates of ground-water recharge in Minnesota, USA, *Journal of Hydrology*, v. 334, no. 1-2, p. 231-249.
14. A.L Coes, T.B. Spruill, M.J. Thomasson, 2007, Multiple-method estimation of recharge rates at diverse locations in the North Carolina Coastal Plain, *Hydrogeology Journal*, <https://dx.doi.org/10.1007/s10040-006-0123-3>, 16 p.
15. D.W. Risser, W.J. Gburek, G.J. Folmar, 2005, *Comparison of methods for estimating ground-water recharge and base flow at a small watershed underlain by fractured bedrock in the eastern United States*, U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report, 5038, 31 p.
16. T.S. Steenhuis, C.D. Jackson, S.K.J. Kung, W. Brutsaert, 1985, Measurement of groundwater recharge on eastern Long Island, New York, U.S.A, *Journal of Hydrology*, Volume 79, Issues 1-2, Pages 145-169.
17. F.H. Henry, W.H. Nathan, T.B. Herbert, 1992, Effects of Urban Storm - Runoff Control on Groundwater Recharge on Nassau Country, New York, *Groundwater Journal*, Volume 30, No. 4.
18. Laura, Bauer, Wayenber, 2002, *Estimates of Ground-Water Recharge from Precipitation to Glacial-Deposit and Bedrock Aquifers on Lopez, San Juan, Orcas, and Shaw Islands, San Juan County, Washington*, U.S Geological Survey, Water-resources investigations report, 02-4114.
19. L. Bertrand, M. Dirk, 2011, *Climate and land use change impacts on groundwater recharge*, Proceedings ModelCARE2011 held at Leipzig, Germany.
20. A.K Mustafa, E.N Ali, 2013, GIS based Spatial Groundwater Recharge estimation in the Jafr basin, Jordan - Application of WetSpass models for arid regions, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 30, núm. 1, p. 96-109.
21. D. Adomako, P. Maloszewski, C. Stumpp, S. Osae & T. T. Akiti, 2010, Estimating groundwater recharge from water isotope ( $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) depth profiles in the Densu River basin, Ghana, *Hydrological Sciences Journal*, 55:8, 1405-1416, DOI: 10.1080/02626667.2010.527847.
22. J. Parlov, Z. Kovač, Z. Nakić, J. Barešić, 2019, Using Water Stable Isotopes for Identifying Groundwater Recharge Sources of the Unconfined Alluvial Zagreb Aquifer (Croatia), *Water*, 11(10):2177, DOI:10.3390/w11102177.

23. M. Senthilkumar, G.Devadasan, A.R. Arumugam, 2019, Identifying groundwater recharge zones using remote sensing & GIS techniques in Amaravathi aquifer system, Tamil Nadu, South India, *Sustainable Environment Research*, <https://doi.org/10.1186/s42834-019-0014-7>.
24. S.G Patil, N.M Mohite, 2014, Identification of groundwater recharge potential zones for a watershed using remote sensing and GIS, *International journal of geomatics and geosciences*, Volume 4, No 3, ISSN 0976-4380.
25. Preeja, S.Joshep, J. Thomas, H. Vijit, 2011, Identification of groundwater potential zones of a tropical river basin (Kerala, India) using remote sensing and GIS techniques, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 39(1):83-94. DOI:10.1007/s12524-011-0075-5.
26. USGS, 2020, *References, Methods for Estimating Groundwater Recharge In Humid Regions*, Groundwater Resources Program, truy cập 25/11/2020, [https://water.usgs.gov/ogw/gwrp/methods/references/ref\\_auth.html](https://water.usgs.gov/ogw/gwrp/methods/references/ref_auth.html).
27. Phan Văn Trường, 2012, Đặc điểm phân bố và sự hình thành trữ lượng nước dưới đất vùng cát ven biển Quảng Bình, *Tạp chí các Khoa học về Trái đất*, 34(2), 120-126.
28. Nguyễn Đức Rồi, 2014, *Estimation of Groundwater Recharge of the Holocen Aquifer from Rainfall by RIB Method for Hưng Yên Province*, VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences, Vol. 30, No. 4 (2014) 49-63.
29. Nguyễn Minh Lân, 2018, *Nghiên cứu mối quan hệ giữa nước sông và nước dưới đất, đề xuất hệ phương pháp xác định trữ lượng khai thác nước dưới đất vùng ven sông Hồng từ thị xã Sơn Tây đến Hưng Yên*, Đề tài khoa học Công nghệ cấp Bộ, Bộ Tài nguyên và Môi trường, mã số TNMT 02.33.
30. Nguyễn Minh Kỳ, Cù Thảo Nguyên, Nguyễn Tri Quang Hưng, Nguyễn Công Mạnh, 2019, Nghiên cứu khả năng bổ cập nước dưới đất từ nước mưa trên địa bàn thị xã Dĩ An, tỉnh Bình Dương, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, Tập 55, Số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu 2019 (2): 96-104.
31. Nguyễn Minh Khuyển, 2015, *Nghiên cứu đặc điểm hình thành trữ lượng nước dưới đất lưu vực sông ven biển tỉnh Bình Thuận và Ninh Thuận*, Luận án Tiến sĩ Đại học Mỏ Địa chất Hà Nội.
32. Nguyễn Thị Ngọc Dung, 2006, *Xác định các thông số địa chất thủy văn theo tài liệu quan trắc động thái nước dưới đất, thử nghiệm áp dụng cho một số vùng ở đồng bằng Bắc Bộ*, Luận văn Thạc sĩ, Đại học Mỏ Địa chất, Hà Nội.

33. Hoàng Minh Tuyên, Lê Tuấn Nghĩa, Lương Hữu Dũng, Châu Trần Vĩnh, Trần Đức Thiện, Lê Hữu Hoàng, Võ Đình Sứ, 2017, Xác định lượng bổ cập nước dưới đất từ mưa trên lưu vực sông Đồng Nai, *Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu*, số 2 tháng 6/2017.
34. Triệu Đức Huy, 2021, *Xác định vai trò của sông Hồng và đá gốc đối với lượng bổ cập cho nước dưới đất trong trầm tích Đệ tứ phần Tây Nam thành phố Hà Nội*, Luận án Tiến sĩ, Đại học Mỏ Địa chất.
35. Trần Thành Lê, 2011, *Xác định lượng bổ cập và mối quan hệ giữa các tầng chứa nước trong trầm tích đệ tứ vùng Thạch Thất - Đan Phượng, Hà Nội bằng kỹ thuật đồng vị hạt nhân*, Luận văn Thạc sĩ, Đại học Mỏ Địa chất, Hà Nội.
36. Phạm Quý Nhân, Đặng Trần Trung, Trần Thành Lê, 2014, *Nghiên cứu sử dụng khai thác hợp lý nước dưới đất Thành phố Hà Nội*.
37. D. Postma, F. Larsen, Nguyen Thi Minh Hue, Mai Thanh Duc, Pham Hung Viet, Pham Quy Nhan, Søren Jessen, 2007, Arsenic in groundwater of the Red River floodplain, Vietnam: Controlling geochemical processes and reactive transport modeling, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 71, 5054-5071.
38. Larsen F, Pham NQ, Dang ND, Postma D, Jessen S, Pham VH, Nguyen TB, Trieu HD, Tran LT, Nguyen H, Chambon J, Nguyen HV, Ha DH, Hue NT, Duc MT, Refsgaard JC, 2008, Controlling geological and hydrogeological processes in an arsenic contaminated aquifer on the Red River flood plain, Vietnam, *Appl Geochem*, 23(11):3099-3115.
39. Hà Quang Khải, 2014, *Nghiên cứu Ảnh hưởng của Biến đổi khí hậu đến bổ cập nước dưới đất khu vực thành phố Hồ Chí Minh*, luận án Tiến sĩ, Trường Đại học Chulalongkorn, Thái Lan.
40. Nguyễn Văn Nghĩa, 2016, *Nghiên cứu, đánh giá tác động của đô thị hoá đến lượng cung cấp cho nước dưới đất thành phố Hà Nội*, Đề tài Khoa học và Công nghệ cấp Bộ, Bộ Tài nguyên và Môi trường, mã số TNMT.02.56.
41. D.N. Lerner, A.S. Issar, I. Simmers, 1990, Groundwater recharge. A guide to understanding and estimating natural recharge, *International contributions to hydrogeology*, Verlag Heinz Heise. 8.
42. Ngô Quang Toàn (chủ biên), 1989, *Bản đồ địa chất Hà Nội, tỷ lệ 1/50.000*.
43. Trần Nghi, Ngô Quang Toàn, 1991, Đặc điểm các chu kỳ trầm tích và lịch sử tiến hóa địa chất Đệ tứ của đồng bằng sông Hồng, *Tạp chí địa chất*, tr. 206-207.

44. Ngô Quang Toàn, 1995, *Đặc điểm trầm tích và lịch sử phát triển các thành tạo Đệ tứ ở phần Đông Bắc đồng bằng Sông Hồng*, Luận án Phó tiến sỹ Địa lý - Địa chất, Đại học Tổng hợp, Hà Nội.
45. Hoàng Ngọc Kỳ (cb) và nnk, 2005, *Thuyết minh thành lập bản đồ địa chất tỉ lệ 1:200.000 các tờ Hà Nội, Hải Phòng, Ninh Bình, Nam Định*, Tổng cục Địa chất Việt Nam.
46. Doãn Đình Lâm, 2003, *Lịch sử tiến hóa trầm tích Holocen cấu trúc sông Hồng*, Luận án Tiến sỹ Địa chất, Thư viện Quốc gia, Hà Nội.
47. A. Gressly, 1938, Observations géologiques sur le Jura soleurois, *Nouveaux mémoires de la Société Helvétique des Sciences Naturelles*, Neuchâte, 2,349p.
48. I.A.Rezanov, Nguyễn Cần, Nguyễn Thế Thân, 1965, Những nét lịch sử cơ bản của phát triển địa hình và tân kiến tạo miền Bắc Việt Nam, *Tập san Địa chất*.
49. Nguyễn Trọng Yên, 1985, *Báo cáo chương trình cấp nhà nước 48.02 Chuyển động hiện đại và sự thành tạo khe nứt hiện đại trũng Sông Hồng*, Lưu trữ TTKH&CNQG, Hà Nội.
50. Trần Văn Trị, Vũ Khúc và nnk, 2009, *Địa chất và tài nguyên Việt Nam*, NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.
51. L.H.E Winkel, P.T.K Trang, V.M Lan, C. Stengel, M. Amini, N.T Ha, P.H Viet, M Berg, 2011, *Arsenic pollution of groundwater in Vietnam exacerbated by deep aquifer exploitation for more than a century*, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America PNAS, 108(4), 1246-1251, doi:10.1073/pnas.1011915108, Institutional Repository.
52. Cục Quản lý Tài nguyên nước, 2021, *Bản tin thông báo, dự báo và cảnh báo tài nguyên nước dưới đất lưu vực sông Hồng - Thái Bình, tháng 3/2021*.  
[http://dwrn.gov.vn/uploads/news/2021\\_04/ban-tin-tnndd\\_lvs-hongthaibinh-thang-3.pdf](http://dwrn.gov.vn/uploads/news/2021_04/ban-tin-tnndd_lvs-hongthaibinh-thang-3.pdf).
53. Vũ Nhật Thăng (Chủ biên), 1996, *Địa chất và khoáng sản nhóm tờ Thái Bình - Nam Định*, Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.
54. Tobler, Waldo, 1987, Measuring Spatial Resolution, Proceedings, *Land Resources Information Systems Conference*, Beijing, pp. 12-16.
55. Triệu Đức Huy (Chủ nhiệm đề tài) và nnk, 2019, Đề án “Bảo vệ nước dưới đất ở các đô thị lớn”, Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước Quốc gia.
56. CCRS - Canada Center for Remote Sensing, 2021, *Fundamental of Remote Sensing*, 258 p, truy cập trực tuyến tại



[www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/resource/tutor/fundam/pdf/fundamentals\\_e.pdf](http://www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/resource/tutor/fundam/pdf/fundamentals_e.pdf)

57. T.L. Saaty, 1980 *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill International Book Company, p287
58. H. Craig, 1961, Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133: 1702-1703.
59. Picarro, 2016, *Sổ tay hướng dẫn sử dụng Picarro*, Lưu trữ tại Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội.
60. R.E. Horton, 1933, The Role of Infiltration in the Hydrologic Cycle, *Transactions of the American Geophysical Union*, 14, 446-460.
61. Green, W.H., and Ampt, G.A. 1911. Studies on soil physics, *Journal of Agricultural Science*, 4(1), 1-24.
62. R.G Mein and C.L. Larson, 1973, Modeling Infiltration during a Steady Rain, *Water Resources Research* 9(2): 384-394.
63. S.T Chu, 1978, Infiltration During an Unsteady Rain, *Water Resources Research* 14(3): 461-466.
64. R.W Skaggs and R. Khaheel, 1982, *Chapter 4: Infiltration. Hydrologic Modeling of Small Watersheds*. Ed. by C.T. Haan, H. P. Johnson and D.L. Brakensiek, 139-149, St. Joseph, MI, ASAE. pp. 121-168.
65. A. Musy, 2001, *Hydrologie*, Ecole Polytechnique Fédérale, Lausanne, Suisse.
66. W.J Rawls, D.L Brakensiek and N. Miller, 1983, Green-Ampt infiltration parameters from soils data. *J. Hydraul. Eng.* 109, 62-70
67. Phạm Văn Điền, 2009, *Chức năng phòng hộ nguồn nước của rừng*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
68. Phạm Văn Điền, Phạm Đức Tuấn, 2006, *Nghiên cứu khả năng giữ nước ở một số thảm thực vật ở vùng phòng hộ thủy điện tỉnh Hòa Bình*, Luận án Tiến sĩ nông nghiệp, Trường Đại học Lâm nghiệp Hà Tây.
69. Bùi Huy Hiền, 2012, *Nghiên cứu khả năng thấm nước của đất tại một số mô hình sử dụng đất ở Lương Sơn, Hòa Bình*.
70. J. Bouma, L.W Dekker, 1978, A case study on infiltration into dry clay soil, *I. Morphological observations*, *Geoderma* 20: 27-40.
71. T. Dune, W. Zhang, B.F Aubry, 1991, Effects of rainfall, vegetation and microtopography on infiltration and runoff, *Water Resources Research*, 27 (9): 2271-2285.

72. Y. Onda, N. Yukawa, 1995, The influence of understories on the infiltration capacities of *Chamaecyparis obtusa* plantation, (I)- Laboratory Experiment- (in Japanese with English abstract). *Journal of Japanese Forestry Society*, 77 (3): 224-231.

73. L.D. Hille, 1982, Introduction to soil physics. *Academic Press Inc.*, New York, USA.

74. H.D.Bhave, Y.B.Katpatal, A.M.Pophare, 2019, Identification of ground water recharge potential zone for watershed using GIS and remote sensing, *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)* Volume 10, Issue 1, January- February, pp. 121-135.

75. Thái Văn Trùng, 1999, *Những hệ sinh thái rừng nhiệt đới ở Việt Nam*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, chi nhánh thành phố Hồ Chí Minh, 273 trang.

76. Trần Việt Liễn, 2004, *Khí hậu Việt Nam*, Cao đẳng Khí tượng Thủy văn Hà Nội, Bộ Tài nguyên và Môi trường, 149 trang.

77. Trần Thị Thanh Thủy, Phạm Khánh Huy, Trần Vũ Long, Phạm Hoàng Anh, 2018, Nghiên cứu ảnh hưởng của lượng mưa và nước sông, biển đến tầng chứa nước Holocen tỉnh Thái Bình, *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, Tập 59, Kỳ 3, 35-41.

78. L C. Leduc, G.Favreau, P.Schroeter P, 2001, Long-term rise in a Sahelian water-table: the Continental Terminal in south-west Niger, *J Hydrol*, 243:43-54.

79. M.A Saud, 1974, Mapping potential areas for groundwater storage in Wadi Aurnah Basin, western Arabian Peninsula, using remote sensing and geographic information system techniques, *Hydrogeol J*; 2010, 18:14 81-95.

80. CDA (Canada Dam Association), 2021, *Slop Classe*.  
[https://www.env.gov.bc.ca/esd/distdata/ecosystems/Soil\\_Data/Legends/SlopeClass Legend.pdf](https://www.env.gov.bc.ca/esd/distdata/ecosystems/Soil_Data/Legends/SlopeClass Legend.pdf)

81. D.Greenbaum, 1985, *Review of remote sensing applications to groundwater exploration in basement and regolith*, Nottingham, UK: British Geological Survey.

82. Lê Văn Nghinh, 2000, *Giáo trình nguyên lý thủy văn*, Đại học Thủy lợi.

83. J.Malczewski, 1999, *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, John Wiley and Sons.

84. Le Viet Hung, Pham Quy Nhan, Tran Thanh Le, Thi Van Le Khoa, Dang Duc Nhan, Tran Quoc Cuong, 2021, Zoning groundwater recharges potential using remote sensing and GIS technique in the Red river delta plain, *The 2nd International*

*Conference on Environment, Resources and Earth Sciences (ICERES 2021)*, Ho Chi Minh City.

85. IAEA, 1992, *Statistical treatment of data on environmental isotopes in precipitation*, Technical Report Series 331, IAEA Vienna, 781 pp.

86. A.A Argiriou, S. Lykoudis, 2006, Isotopic composition of precipitation in Greece, *Journal of Hydrology*, 327(3):486-495.

87. C.E Hughes & J. Crawford, 2012, *A new precipitation weighted method for determining the meteoric water line for hydrological applications demonstrated using Australian and global GNIP data*, *Journal of hydrology*, p464.

88. W. Dansgaard, 1964, Stable isotopes in precipitation, *Tellus*, 16: 436-468

89. A.H. Jacob, C. Sonntag, 1991, An 8-year record of the seasonal variation of  $^2\text{H}$  and  $^{18}\text{O}$  in atmospheric water vapour and precipitation at Heidelberg, Germany, *Tellus*, Volume 43, Issue 3, p291-300.

90. K. Froehlich, J.J. Gibson, P. Aggarwal, 2002, Deuterium excess in precipitation and its climatological significance, *Journal of geophysical Research-Atmospheres*.

91. D.D. Nhan, D.B Lieu, D.A. Minh, V.T. Anh, 2013, Isotopic Compositions of Precipitation Over Red River's Delta Region (Vietnam), Data of the GNIP Hanoi, *Available online: www.iaea/gnip*.

92. J.T David, 1995, *Groundwater recharge rates calculated from the isotopic content of groundwater a Pilot study*, St Johns river water management district Palatka, Florida.

93. N. Thi Hoa Mai, D. Postma, P. Thi Kim Trang, S. Jessen, Pham, H.V, F. Larsen, 2014, Adsorption and desorption of arsenic to aquifer sediment on the Red River floodplain at Nam Du, Vietnam. *Geochimi. Cosmochimi. Acta* 2014, 142, 587-600.

94. Vũ Thanh Tâm (chủ nhiệm Đề tài) và nnk, 2018, Báo cáo Biên hội - thành lập bản đồ Tài nguyên nước dưới đất tỷ lệ 1/200.000 cho các tỉnh trên toàn quốc, Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước Quốc gia.

## DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

### Tiếng Việt

1. Lê Việt Hùng, Phạm Quý Nhân, Trần Quốc Cường, Phương pháp xác định lượng bổ cập tự nhiên nước dưới đất, *Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường*, ISSN số 19, tháng 3/2018, trang 38-49, 2018

### Tiếng Anh

2. Le Viet Hung, Pham Quy Nhan, Tran Thanh Le, Dang Duc Nhan, Using isotope technique to estimate groundwater recharge in the Red river delta plain, *Tạp chí Khoa học Thủy lợi và Môi trường*, số 77, trang 88-95, 12/2021

Available at <http://tapchivatuyentap.tlu.edu.vn/Home/groupid/113>

3. Le Viet Hung, Pham Quy Nhan, Application of analytical hierarchical process (AHP) method for delineation of groundwater recharges potential zones in the Red River Delta Plain, *Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường*, số 39, trang 93-104, 2021.

4. Pham Quy Nhan, Le Viet Hung, Tran Thanh Le, Thi Van Le Khoa, Dang Duc Nhan, Tran Quoc Cuong, Zoning groundwater potential recharge using remote sensing and GIS technique in the Red river delta plain, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 964 012022

Available at <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/964/1/012025>

5. Le Viet Hung, Thi Van Le Khoa, Application of satellite - retrieved vegetation index and surface temperature in delineating potential agricultural drought risk areas, *International Conference "Technology in Natural disaster prevention and Risk reduction"*, Publishing house for Science and Technology, ISBN 9786043570700, 31/08/2022.

## PHỤ LỤC

### PHỤ LỤC 1. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH TRITI $^3\text{H}$



VIỆN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT HẠT NHÂN  
PHÒNG THÍ NGHIỆM THỦY VĂN ĐỒNG VỊ

179 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

Tel: (024) 38361433; Fax: (024) 38363295 Email: [thuyvandongvi@vsnatom.gov.vn](mailto:thuyvandongvi@vsnatom.gov.vn)



### PHIẾU KẾT QUẢ PHÂN TÍCH

**Số: KQ-IHL-0521303**

**Tên đơn vị gửi mẫu:** L<sup>a</sup> Việt Hing

**Địa chỉ:** Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

41A1 - Phú Diễn, Bắc Từ Liêm, Hà Nội

**Loại mẫu:** Nước ngầm

**Số lượng:** 16

STT	Tên mẫu	Đơn vị	Phương pháp thử	A <sub>10</sub>	u
1	Q1-qH	TU	QT-IHL-H3	2,62	± 0.18
2	Q33-qH <sub>2</sub>	TU	QT-IHL-H3	1,04	± 0.23
3	Q66-qH <sub>2</sub>	TU	QT-IHL-H3	2,27	± 0.43
4	Q67-qH	TU	QT-IHL-H3	2,94	± 0.29
5	Q68a-qH	TU	QT-IHL-H3	2,56	± 0.24
6	Q83-qH <sub>2</sub>	TU	QT-IHL-H3	3,01	± 0.30
7	Q89-qH <sub>2</sub>	TU	QT-IHL-H3	3,00	± 0.17
8	Q108-qH <sub>2</sub>	TU	QT-IHL-H3	1,44	± 0.15
9	Q109-qH <sub>2</sub>	TU	QT-IHL-H3	1,14	± 0.11
10	Q110-qH <sub>2</sub>	TU	QT-IHL-H3	1,00	± 0.28
11	Q115-qH <sub>2</sub>	TU	QT-IHL-H3	1,85	± 0.19
12	Q145-qH <sub>2</sub>	TU	QT-IHL-H3	0,98	± 0.34
13	Q147-qH <sub>2</sub>	TU	QT-IHL-H3	1,75	± 0.12
14	Q158-qH <sub>2</sub>	TU	QT-IHL-H3	2,62	± 0.25
15	Q159-qH <sub>2</sub>	TU	QT-IHL-H3	2,54	± 0.25
16	Q164-qH <sub>2</sub>	TU	QT-IHL-H3	2,46	± 0.20

*Hà Nội, ngày 09 tháng 06 năm 2021*

**Phòng thí nghiệm Thủy Văn Đồng Vị**

## PHỤ LỤC 2. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH ĐỒNG VỊ BỀN $^{18}\text{O}$ VÀ $^2\text{H}$ MẪU NƯỚC MẶT

(Thực hiện trên máy Picaro tại Phòng thí nghiệm Tài nguyên nước - Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội - Ngày 14/07/2021)

<b>Kết quả phân tích đồng vị bền nước mặt - 14/07/2021, 09:50:49</b>					
<b>TT</b>	<b>Ký hiệu mẫu</b>	<b><math>^{18}\text{O}</math></b>	<b><math>^2\text{H}</math></b>	<b><math>\sigma^{18}\text{O}</math></b>	<b><math>\sigma^2\text{H}</math></b>
<b>1</b>	Zero	-0.51	-5.56	1.35	4.16
<b>2</b>	Mid	-17.92	-136.06	7.64	56.96
<b>3</b>	Depl	-31.47	-250.58	0.60	7.31
<b>4</b>	q83mat	-4.65	-56.22	1.58	18.55
<b>5</b>	q130mat	-2.51	-31.38	0.11	1.41
<b>6</b>	q167mat	-6.64	-56.07	0.22	2.32
<b>7</b>	q131mat	-3.62	-38.45	0.17	1.52
<b>8</b>	q164mat	-6.46	-50.88	2.20	20.33
<b>9</b>	q116mat	-4.93	-38.34	2.33	23.82
<b>10</b>	q33mat	-3.12	-34.72	0.20	1.99
<b>11</b>	q32mat	-8.10	-64.41	0.23	2.58
<b>12</b>	q55mat	-8.45	-68.69	0.06	0.36
<b>13</b>	q144mat	-7.31	-61.88	0.07	0.58
<b>14</b>	q147mat	-4.71	-46.30	0.10	1.38
<b>15</b>	q168mat	-7.00	-58.48	0.21	1.18
<b>16</b>	q143mat	-7.58	-62.50	0.08	0.29
<b>17</b>	q158mat	-6.65	-53.51	2.28	21.30
<b>18</b>	q62mat	-5.12	-47.79	0.13	1.49
<b>19</b>	q15mat	-3.62	-37.48	0.13	0.82
<b>20</b>	q129mat	-6.87	-52.88	2.39	21.16
<b>21</b>	q115mat	-6.35	-55.47	3.59	22.13
<b>22</b>	q146mat	-4.03	-37.47	1.08	14.83
<b>23</b>	q35mat	-1.10	-27.20	0.12	0.75
<b>24</b>	Zero	1.51	-4.23	0.24	1.88
<b>25</b>	Mid	-10.22	-137.74	17.74	58.04
<b>26</b>	Depl	-25.23	-202.20	12.56	94.37

### PHỤ LỤC 3. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH ĐỒNG VỊ BỀN 18O VÀ 2H MẪU NƯỚC DƯỚI ĐẤT

(Thực hiện trên máy Picaro tại Phòng thí nghiệm Tài nguyên nước - Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội - Ngày 08/05/2021)

<b>Kết quả phân tích đồng vị bền Oxy-18 và Deuteri, 08/05/2021, 18:00:06</b>					
<b>TT</b>	<b>Tên mẫu</b>	<b><sup>18</sup>O</b>	<b><sup>2</sup>H</b>	<b>σ (<sup>18</sup>O)</b>	<b>σ (<sup>2</sup>H)</b>
1	q193amat	-4.58	-30.65	0.14	1.29
2	q10mat	-8.31	-55.29	0.19	2.20
3	q75mat	-5.44	-38.01	0.79	2.94
4	q68mat	-7.20	-47.82	0.53	1.27
5	q50mat	-1.63	-18.85	0.43	2.81
6	q5mat	-3.37	-30.67	0.07	1.04
7	q38mat	-5.90	-39.60	0.51	1.54
8	q35	-5.61	-38.36	0.26	0.55
9	q59	-7.24	-47.85	0.24	1.04
10	q35a	-5.92	-42.21	0.14	0.73
11	q129	-4.15	-28.17	0.57	1.90
12	q115	-5.99	-38.23	0.31	0.61
13	q50	-6.47	-42.72	0.13	0.57
14	q159a	-7.12	-46.92	0.62	1.62
15	q130a	-6.32	-40.83	0.81	1.87
16	q158a	-7.68	-51.52	0.13	1.11
17	q155	-7.26	-48.09	0.17	0.34
18	q37a	-6.19	-42.39	0.15	0.84
19	q120a	-7.19	-48.69	0.09	0.55
20	q33	-9.02	-60.82	0.13	1.02
21	Zero	0.18	-0.15	0.46	4.96
22	Mid	-20.20	-152.94	1.13	13.41
23	Depl	-29.88	-239.12	0.43	6.80
24	q33a	-9.50	-75.08	1.48	16.12
25	q32	-8.18	-57.62	0.16	1.16
26	q116a	-7.53	-51.91	0.11	0.60
27	q38	-6.89	-47.36	0.09	0.52
28	q159b	-7.78	-52.95	0.11	0.64

<b>Kết quả phân tích đồng vị bền Oxy-18 và Deuteri, 08/05/2021, 18:00:06</b>					
<b>TT</b>	<b>Tên mẫu</b>	<b><sup>18</sup>O</b>	<b><sup>2</sup>H</b>	<b><math>\sigma</math> (<sup>18</sup>O)</b>	<b><math>\sigma</math> (<sup>2</sup>H)</b>
29	q158	-5.89	-41.66	0.08	0.95
30	q130b	-7.76	-52.57	0.19	1.06
31	q130	-5.20	-35.21	0.29	2.15
32	q37	-6.85	-44.51	0.08	0.94
33	q158a	-7.05	-47.64	0.21	0.62
34	q120b22.3	-6.95	-47.40	0.23	0.66
35	q34a	-6.94	-48.91	0.10	0.44
36	q120b23.3	-7.80	-52.12	0.12	0.24
37	q120	-6.40	-42.13	0.14	1.44
38	q129a	-5.52	-36.39	0.18	0.45
39	q128	-6.61	-43.28	0.11	0.51
40	q84b	-6.10	-38.68	0.19	0.67
41	q64a	-6.47	-43.39	0.25	0.49
42	q108b	-7.99	-53.81	0.27	1.30
43	q167	-5.62	-37.90	0.20	1.68
44	q131	-5.05	-33.48	0.16	0.56
45	q144	-5.96	-39.28	0.13	0.67
46	q11	-6.37	-44.31	0.10	0.37
47	q111	-3.70	-25.33	0.18	1.18
48	q87a	-5.94	-38.80	0.24	1.63
49	Zero	0.14	-0.48	0.52	3.70
50	Mid	-20.08	-151.91	1.27	13.28
51	Depl	-29.97	-239.81	0.73	7.24
52	q119a	-7.91	-64.22	1.43	15.74
53	q110	-8.40	-58.72	0.03	0.28
54	q84a	-7.02	-48.03	0.17	1.27
55	q58a	-7.62	-52.35	0.08	0.34
56	q57	-6.73	-44.64	0.12	1.18
57	q3	-8.14	-55.61	0.08	1.19
58	q68b	-6.06	-42.52	0.12	0.94
59	q145a	-7.22	-48.91	0.07	0.61



<b>Kết quả phân tích đồng vị bền Oxy-18 và Deuteri, 08/05/2021, 18:00:06</b>					
<b>TT</b>	<b>Tên mẫu</b>	<b><sup>18</sup>O</b>	<b><sup>2</sup>H</b>	<b><math>\sigma</math> (<sup>18</sup>O)</b>	<b><math>\sigma</math> (<sup>2</sup>H)</b>
60	q5	-7.29	-51.93	0.09	0.22
61	q109	-7.29	-49.86	0.09	0.10
62	q69	-5.38	-35.73	0.35	1.98
63	q82	-7.78	-50.78	0.11	1.21
64	q66b	-8.33	-56.61	0.10	0.39
65	q147	-8.18	-56.42	0.15	0.30
66	q36	-6.05	-41.03	0.14	1.30
67	q85a	-4.57	-30.47	0.18	1.10
68	q84	-6.31	-41.24	0.14	0.95
69	q8a	-6.45	-46.07	0.09	0.46
70	q173	-7.58	-51.97	0.32	0.97
71	q87b	-6.60	-44.79	0.16	0.96
72	q75	-6.87	-47.20	0.08	0.25
73	q167a	-8.53	-57.37	0.18	1.16
74	qt177	-4.62	-32.42	0.35	2.67
75	q10	-7.99	-53.51	0.25	2.09
76	q60a	-5.85	-44.02	0.28	1.09
77	q69a	-5.85	-41.07	0.11	0.21
78	q88	-8.93	-59.59	0.15	1.50
79	q87	-7.70	-51.56	0.07	0.73
80	q127a	-8.04	-54.94	0.14	0.41
81	Zero	-0.25	-2.89	0.27	3.90
82	Mid	-20.57	-155.43	1.28	13.26
83	Depl	-30.44	-242.07	0.66	7.30
84	Zero	0.14	-0.95	1.35	16.70
85	Mid	-20.07	-150.44	1.17	12.56
86	Depl	-29.97	-240.81	0.66	6.96
87	q86	-6.69	-48.05	1.48	16.77
88	qtxm3	-5.44	-30.24	0.14	0.86
89	q89	-7.84	-46.63	0.17	1.40
90	q88b	-7.65	-46.44	0.11	0.39
91	q86a	-8.10	-49.16	0.10	0.21

<b>Kết quả phân tích đồng vị bền Oxy-18 và Deuteri, 08/05/2021, 18:00:06</b>					
<b>TT</b>	<b>Tên mẫu</b>	<b><sup>18</sup>O</b>	<b><sup>2</sup>H</b>	<b><math>\sigma</math> (<sup>18</sup>O)</b>	<b><math>\sigma</math> (<sup>2</sup>H)</b>
92	q85	-4.52	-22.64	0.16	1.74
93	q60	-6.34	-35.82	0.15	0.71
94	q77	-4.63	-24.58	0.11	0.44
95	q56	-5.20	-28.55	0.19	0.51
96	q176	-3.21	-14.25	0.18	1.38
97	q68a	-5.63	-30.24	0.11	1.40
98	q76a	-8.08	-47.54	0.15	1.39
99	q75	-5.50	-32.27	0.49	2.18
100	q67a	-7.82	-47.83	0.28	2.04
101	q217	-7.90	-48.96	0.08	0.28
102	q23a	-7.20	-42.72	0.13	0.67
103	q58	-8.51	-38.54	5.60	5.05
104	q62	-5.47	-30.45	0.22	0.60
105	q57a	-6.00	-35.15	0.20	0.45
106	q55	-6.19	-34.08	0.16	0.50
107	q62a	-7.83	-46.15	0.12	1.16
108	q8	-4.82	-20.90	0.24	2.46
109	q9	-4.00	-19.12	0.12	0.31
110	q1	-21.41	-49.60	37.59	25.84
111	q15	-6.04	-27.87	3.10	2.86
112	q2	-7.03	-38.74	0.11	1.13
113	q4	-4.73	-29.49	1.64	0.94
114	q1a	-6.58	-37.56	0.15	1.03
115	q7	-5.95	-33.68	0.11	0.42
116	q9	-21.49	-42.63	44.20	41.05
117	q6	-4.23	-22.24	0.10	0.08
118	q175	-6.43	-33.86	2.00	2.18
119	q66	-5.44	-30.13	0.84	0.81
120	q177a	-7.44	-40.75	1.36	1.90
121	q65b	-8.31	-50.06	0.72	0.58
122	q64	-7.04	-36.93	2.54	2.42
123	q63a	-6.67	-37.34	1.11	1.34

<b>Kết quả phân tích đồng vị bền Oxy-18 và Deuteri, 08/05/2021, 18:00:06</b>					
<b>TT</b>	<b>Tên mẫu</b>	<b><sup>18</sup>O</b>	<b><sup>2</sup>H</b>	<b><math>\sigma</math> (<sup>18</sup>O)</b>	<b><math>\sigma</math> (<sup>2</sup>H)</b>
124	q175a	-24.46	-61.16	41.64	35.99
125	q131b	-7.48	-45.59	0.24	0.85
126	Zero	0.00	-0.38	3.46	4.56
127	Mid	-19.59	-152.21	1.26	13.72
128	Depl	-30.31	-239.61	1.18	7.38
129	q145	-21.78	-71.01	40.43	33.49
130	q143a	-6.52	-44.95	3.05	1.72
131	q164	-36.89	-84.66	47.72	42.13
132	q148a	-6.90	-53.40	1.21	2.14
133	q127	-4.06	-32.18	2.41	2.86
134	q131a	-14.82	-60.05	20.48	17.36
135	q85b	-12.04	-57.73	6.68	6.36
136	q83	-6.14	-37.77	2.32	2.42
137	q168	-8.78	-38.73	11.40	10.03
138	q119b	-5.98	-47.76	0.16	1.33
139	q83b	-8.36	-63.15	0.26	1.41
140	q148	-4.46	-37.32	0.25	2.28
141	q110a	-17.32	-43.05	25.19	22.24
142	q146	-4.91	-39.30	0.76	1.22
143	q88a	-3.32	-30.01	0.27	1.07
144	q156	-16.97	-49.30	31.43	28.86
145	q108a	-6.98	-53.20	0.20	1.52
146	q83a	-4.49	-37.61	0.18	1.83
147	q67	-7.79	-59.29	0.34	2.14
148	q82a	-5.29	-41.53	0.25	2.20
149	q107	-4.25	-34.47	0.11	0.42
150	q119	-4.56	-42.35	1.32	0.46
151	q109	-10.16	-56.03	7.91	9.15
152	q164a	-21.52	-50.18	36.20	29.39
153	q108a	-9.51	-44.46	5.12	4.58
154	Zero	0.37	0.85	2.45	5.64
155	Mid	-25.93	-155.20	18.96	21.25

<b>Kết quả phân tích đồng vị bền Oxy-18 và Deuteri, 08/05/2021, 18:00:06</b>					
<b>TT</b>	<b>Tên mẫu</b>	<b><math>^{18}\text{O}</math></b>	<b><math>^2\text{H}</math></b>	<b><math>\sigma (^{18}\text{O})</math></b>	<b><math>\sigma (^2\text{H})</math></b>
<b>156</b>	Depl	-47.83	-253.27	30.51	26.85

**PHỤ LỤC 4. VỊ TRÍ CÁC ĐIỂM LẤY MẪU NƯỚC MẶT VÀ KẾT QUẢ PHÂN TÍCH ĐỒNG VỊ BÈN**

STT	Ký hiệu mẫu	Vị trí lấy mẫu	Sông, Kênh	Tọa độ		Đồng vị bền (‰ vs. VSMOW)	
				Vĩ độ	Kinh độ	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$
1	Q83mat	Phủ Lý, Hà Nam	S. Đáy	20.5411554	105.9110550	-4.65	-56.22
2	Q33mat	Đông Anh, Hà Nội	S. Ngũ Huyện Khê	21.0993478	105.8877275	-3.12	-34.72
3	Q115mat	Sông Hồ, Bắc Ninh	S. Đuống	21.0700850	106.0856120	-6.35	-55.47
4	Q158mat	Cầu phao s. Hóa	S. Hóa	20.6254795	106.5450662	-6.65	-53.51
5	Q164mat	Cầu Lãm Khê, Hải Phòng	S. Lạch Tray	20.8263110	106.6550726	-6.46	-50.88
6	Q147mat	Tứ Kỳ, Hải Dương	S. Thái Bình	20.8910437	106.3740589	-4.71	-46.30
7	Q32mat	Chân cầu Đông Trù	S. Đuống	21.0707938	105.8756109	-8.10	-64.41
8	Q144mat	Đê Kim Thành, Hải Dương	S. Kinh Môn	20.9771696	106.4904906	-7.31	-61.88
9	Q131mat	TT Kim Thành, Hải Dương	S. Bắc Hưng Hải	20.7874630	106.2385600	-3.62	-38.45
10	Q146mat	Thanh Hà, Hải Dương	S. Thái Bình	20.8937320	106.3778800	-4.03	-37.47
11	Q62mat	Trung Tụ, Tây Tụ, Hà Nội	Kênh nội đồng	21.0699293	105.7408001	-5.12	-47.79
12	Q55mat	Phà Liên Hà, Hà Nội	S. Hồng	21.1099331	105.7268905	-8.45	-68.69
13	Q129mat	Lam Sơn, Hưng Yên	S. Hồng	20.6628130	106.0392597	-6.87	-52.88
14	Q130mat	UBND Tiên Lữ, Hưng Yên	Kênh nội đồng	20.6997160	106.1184373	-2.51	-31.38
15	Q143mat	Cầu Phúc Sơn, Hải Dương	S. Kinh Thầy	21.0094127	106.5487740	-7.58	-62.50
16	Q167mat	Cầu Ng Trường Tộ	S. Ré	20.8678635	106.5872231	-6.64	-56.07

STT	Ký hiệu mẫu	Vị trí lấy mẫu	Sông, Kênh	Tọa độ		Đồng vị bền (‰ vs. VSMOW)	
				Vĩ độ	Kinh độ	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$
17	Q168mat	An Hòa, Hải Phòng	S. Cỗ Bông	20.8766600	106.5531050	-7.00	-58.48
18	Q15mat	Ngòi Kim Anh, Hà Nội	Ngòi Kim Anh	21.2354955	105.7976643	-3.62	-37.48
19	Q116mat	Gia Đông, Bắc Ninh	Kênh nội đồng	21.0415320	106.0944058	-4.93	-38.34
20	Q35mat	Thiết Bình, Đông Anh, Hà Nội	Kênh nội đồng	21.1503999	105.9198560	-1.10	-27.20

**PHỤ LỤC 5. VỊ TRÍ LẤY MẪU NĐĐ TẠI CÁC LK QUAN TRẮC VÀ  
KẾT QUẢ PHÂN TÍCH ĐỒNG VỊ BỀN, ĐỒNG VỊ PHÓNG XẠ**

STT	Ký hiệu	Tọa độ		Tầng chứa nước	Chiều sâu giếng, m	Ống lọc (m)		Đồng vị bền (% vs. VSMOW)		Triti (TU)
		Vĩ độ	Kinh độ			Từ	đến	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	
1	Q75	20.928319	105.7314	qh <sub>1</sub>	25	16	22	-5.50	-32.27	
2	Q75a			qp <sub>1</sub>	58	47	55			
3	Q76a	20.906092	105.6949	qp <sub>1</sub>	45	33	41	-8.08	-47.54	
4	Q77a	20.881128	105.6676	qp <sub>1</sub>	33	24.5	28.5	-4.63	-24.58	
5	Q176	20.66657	105.7761	qp <sub>1</sub>	19	10	16	-3.21	-14.25	
6	Q69	20.953347	105.7604	qh <sub>1</sub>	24	15	21	-5.38	-35.73	
7	Q69a			qp <sub>1</sub>	62	50	59	-5.85	-41.07	
8	Q68a	20.973504	105.7804	qh <sub>2</sub>	36	28	36	-5.63	-30.24	2.56
9	Q68b			qp <sub>1</sub>	80.8	48.5	80.8	-6.06	-42.52	
10	Q59	20.975114	105.6876	qh <sub>2</sub>	20	9.5	18.9	-7.24	-47.85	
11	Q60	20.996777	105.704	qh <sub>2</sub>	24	11.5	17.5	-6.34	-35.82	
12	Q60a			qh <sub>1</sub>	52	42	48	-5.85	-44.02	
13	Q15	21.235267	105.7971	qp <sub>1</sub>	14.7	11.4	14.7	-6.04	-27.87	
14	Q5	21.292189	105.5849	qp <sub>1</sub>	34.45	21.7	30.2	-7.29	-51.93	
15	Q4	21.310284	105.5479	qp <sub>1</sub>	24	12	18	-4.73	-29.49	
16	Q1	21.313469	105.4586	qh <sub>2</sub>	14	5	11.8	-21.41	-49.60	2.62
17	Q1a			qp <sub>1</sub>	31	19	29	-6.58	-37.56	
18	Q2	21.296565	105.6621	qh <sub>2</sub>	14	5	11	-7.03	-38.74	
19	Q3	21.290359	105.4808	qp <sub>1</sub>	31	24	30	-8.14	-55.61	
20	Q6	21.25815	105.5622	qp <sub>1</sub>	34.45	21.55	31	-4.23	-22.24	
21	Q7	21.245696	105.5326	qp <sub>1</sub>	24.7	15.2	21.5	-5.95	-33.68	
22	Q8	21.21651	105.513	qp <sub>2</sub>	12.1	2.65	12	-4.82	-20.90	
23	Q8a			qp <sub>1</sub>	30	23.7	26.9	-6.45	-46.07	
24	Q11	21.208531	105.4744	qp <sub>1</sub>	40.65	29.65	40.65	-6.37	-44.31	
25	Q9	21.183228	105.4907	qh <sub>2</sub>	18	9	15	-4.00	-19.12	
26	Q9a			qp <sub>1</sub>	35	22.5	28.5	-21.49	-42.63	
27	Q10	21.167472	105.4869	qh <sub>2</sub>	21	11	19	-7.99	-53.51	
28	Q173	21.130668	105.5187	qp <sub>1</sub>	32.37	13.87	27.87	-7.58	-51.97	
29	Q67	21.066737	105.8352	qh <sub>2</sub>	28	21	27.7	-7.79	-59.29	2.94
30	Q67a			qp <sub>1</sub>	50	42.3	47.3	-7.82	-47.83	
31	Q23a	21.111259	105.7904	qp <sub>1</sub>	74.6	54.8	74.6	-7.20	-42.72	
32	Q62	21.069639	105.7476	qh <sub>1</sub>	14.38	6	12	-5.47	-30.45	
33	Q62a	21.069719	105.7481	qp <sub>1</sub>	48	36	45	-7.83	-46.15	
34	Q57	21.087169	105.7178	qh <sub>2</sub>	19	5.7	14.7	-6.73	-44.64	

STT	Ký hiệu	Tọa độ		Tầng chứa nước	Chiều sâu giếng, m	Ống lọc (m)		Đồng vị bền (% vs. VSMOW)		Triti (TU)
		Vĩ độ	Kinh độ			Từ	đến	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	$^3\text{H}$
35	Q57a			qp <sub>1</sub>	45	33.5	39.5	-6.00	-35.15	
36	Q55	21.109942	105.7252	qh <sub>1</sub>	29	20	26	-6.19	-34.08	
37	Q56	21.127082	105.64	qh <sub>2</sub>	24	13.4	20.9	-5.20	-28.55	
38	Q217			qp <sub>1</sub>	59	48	56	-7.90	-48.96	
39	Q58	21.046749	105.7021	qh <sub>2</sub>	16	6	10	-8.51	-38.54	
40	Q58a			qp <sub>1</sub>	48	36	42	-7.62	-52.35	
41	Q92	20.292576	105.934	qp <sub>1</sub>	44	36	43			
42	Q107			qh <sub>2</sub>	13.1	4.1	10.1	-4.25	-34.47	
43	Q108	20.259269	106.1196	qh <sub>2</sub>	18	6	12	-6.98	-53.20	1.44
44	Q108a			qp <sub>1</sub>	54	42	48	-9.51	-44.46	
45	Q108b			qp <sub>2</sub>	82	70	76	-7.99	-53.81	
46	Q109	20.201138	106.2067	qh <sub>2</sub>	11	2	8	-7.29	-49.86	1.14
47	Q109a			qp <sub>1</sub>	135.8	122.8	132.8	-10.16	-56.03	
48	Q111	20.123786	106.3074	qh <sub>1</sub>	11.7	2.7	9	-3.70	-25.33	
49	Q110	20.534384	106.2912	qh <sub>2</sub>	13	4	10	-8.40	-58.72	1
50	Q110a			qp <sub>1</sub>	93.6	81.6	90.6	-17.32	-43.05	
51	Q82	20.534382	105.9	qh <sub>1</sub>	20	11	17	-7.78	-50.78	
52	Q82a			qp <sub>1</sub>	33.39	23.74	30.36	-5.29	-41.53	
53	Q83	20.537905	105.9082	qh <sub>2</sub>	10.2	2.5	7.09	-6.14	-37.77	3.01
54	Q83a			qh <sub>1</sub>	17.81	8.56	14.68	-4.49	-37.61	
55	Q83b			qp <sub>1</sub>	55.17	41.92	52.07	-8.36	-63.15	
56	Q84	20.547517	105.9121	qh <sub>2</sub>	11.7	2.54	8.6	-6.31	-41.24	
57	Q84a			qh <sub>1</sub>	27	17.8	24	-7.02	-48.03	
58	Q84b			qp <sub>1</sub>	56.4	45	53.12	-6.10	-38.68	
59	Q85	20.55377	105.9355	qh <sub>2</sub>	11.7	2.5	8.6	-4.52	-22.64	
60	Q85a			qh <sub>1</sub>	27	17.7	23.8	-4.57	-30.47	
61	Q85b			qp <sub>1</sub>	68.9	57.09	65.19	-12.04	-57.73	
62	Q86	20.560552 1	105.9731	qh <sub>1</sub>	18	6	12	-6.69	-48.05	
63	Q86a			qp <sub>1</sub>	66	54	60	-8.10	-49.16	
64	Q87	20.59218	106.0092	qh <sub>1</sub>	11.7	2.5	8.1	-7.70	-51.56	
65	Q87a			qh <sub>2</sub>	34.4	23.8	30.9	-5.94	-38.80	
66	Q87b			qp <sub>1</sub>	75.4	63.2	72.3	-6.60	-44.79	
67	Q88	20.62185	106.0188	qh <sub>2</sub>	14.7	5.6	11.7	-8.93	-59.59	
68	Q88a			qh <sub>1</sub>	29	19.7	25.9	-3.32	-30.01	
69	Q88b			qp <sub>1</sub>	73.4	61.2	70.3	-7.65	-46.44	

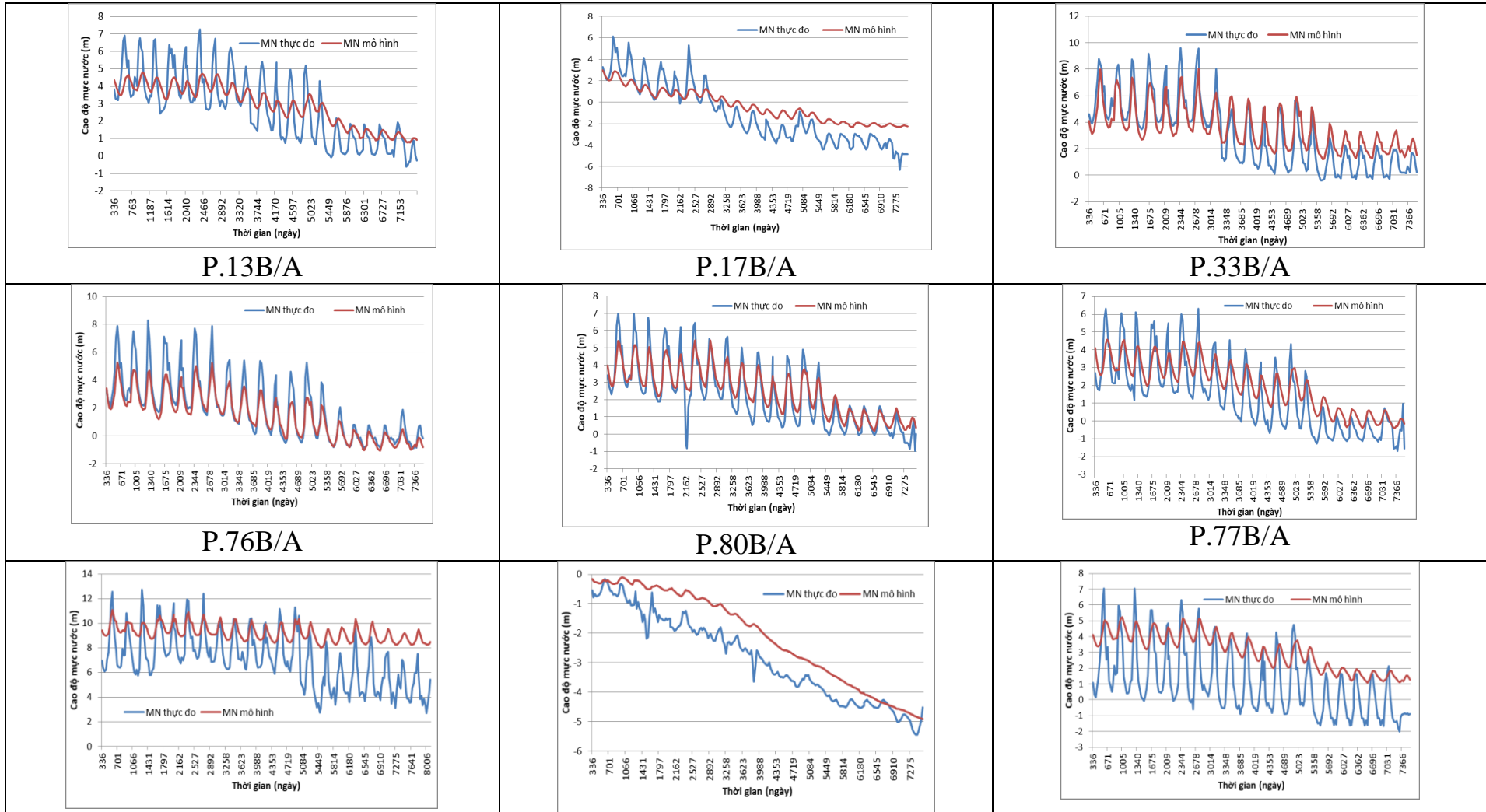


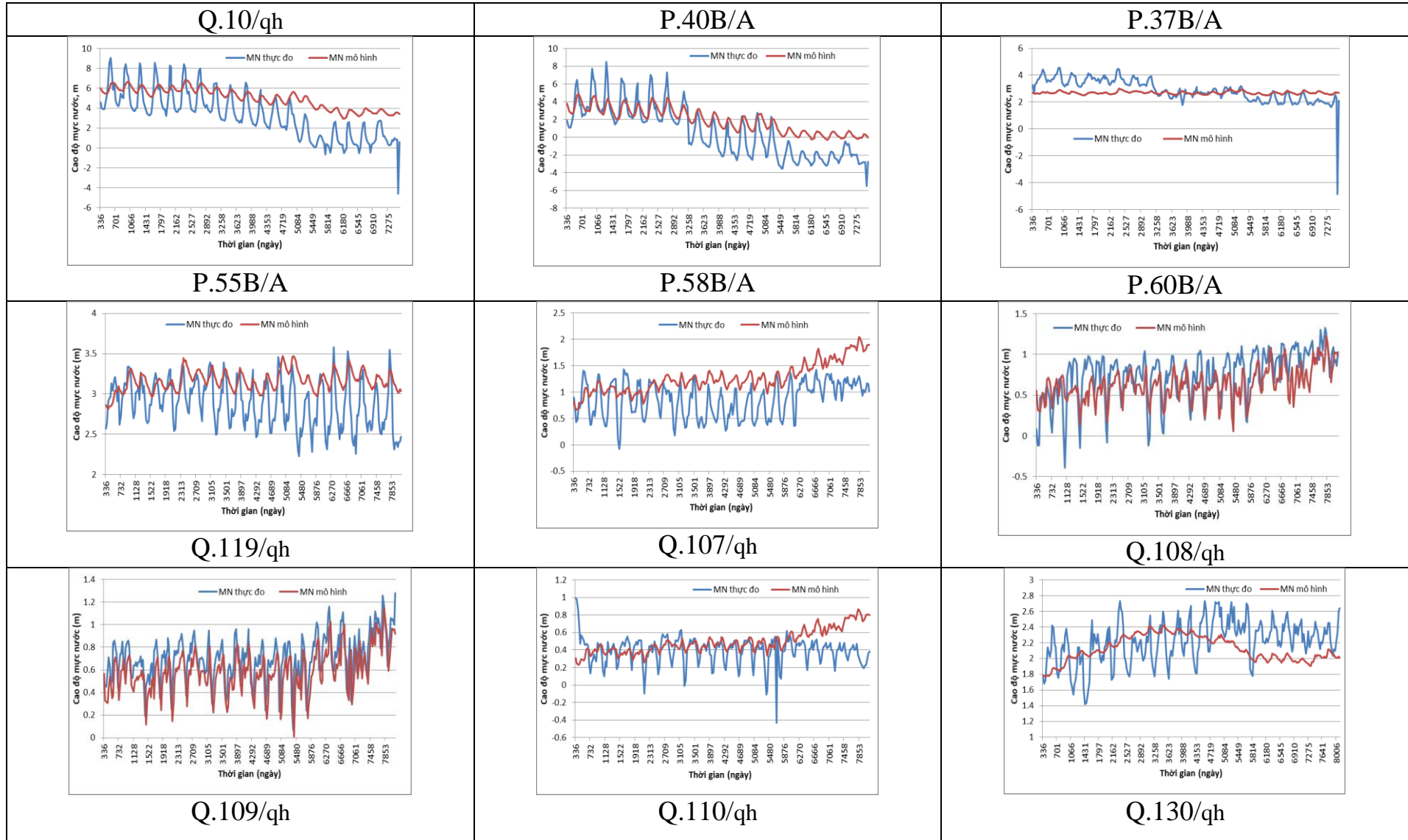
STT	Ký hiệu	Tọa độ		Tầng chứa nước	Chiều sâu giếng, m	Ống lọc (m)		Đồng vị bền (% vs. VSMOW)		Triti (TU)
		Vĩ độ	Kinh độ			Từ	đến	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	$^3\text{H}$
70	Qtxv - M3	20.633133	106.0266	qh <sub>2</sub>	14	6	11.83			
71	Q89	20.67387	105.9656	qh <sub>2</sub>	14	5.6	11.6	-7.84	-46.63	3
72	Q64	21.066737	105.8352	qh <sub>1</sub>	20	11	17	-7.04	-36.93	
73	Q64a			qp <sub>1</sub>	58	44	53	-6.47	-43.39	
74	Q175	20.776473	105.916	qh <sub>2</sub>	14	5	11	-6.43	-33.86	
75	Q175a			qp <sub>1</sub>	64	53	61			
76	Q177	20.745494	105.8668	qh <sub>1</sub>	26	17	23	-4.62	-32.42	
77	Q177a			qp <sub>1</sub>	63	52	60	-7.44	-40.75	
78	Q66b	20.9229	105.8592	qh <sub>1</sub>	99	76.5	93.8	-8.33	-56.61	
79	Q66	20.926691	105.8489	qh <sub>2</sub>	20.7	8.7	17.7	-5.44	-30.13	2.27
80	Q65b	20.959171	105.8491	qp <sub>1</sub>	60	49	57	-8.31	-50.06	
81	Q63a	21.038288	105.7816	qp <sub>1</sub>	39	27.8	36	-6.67	-37.34	
82	Q32	21.073342	105.8741	qh <sub>2</sub>	19	11	17	-8.18	-57.62	
83	Q34a	21.116413	105.8957	qp <sub>2</sub>	25	16.1	24.2	-6.94	-48.91	
84	Q35	21.145336	105.9213	qp <sub>2</sub>	15	6	12	-5.61	-38.36	
85	Q35a			qp <sub>1</sub>	40	31	37	-5.92	-42.21	
86	Q33	21.098115	105.8868	qh <sub>2</sub>	15	6.06	12.06	-9.02	-60.82	1.04
87	Q33a			qp <sub>1</sub>	50	36.36	46.36	-9.50	-75.08	
88	Q36	21.168058	105.9296	qp <sub>1</sub>	44	35	41	-6.05	-41.03	
89	Q37	21.198408	105.955	qp <sub>2</sub>	15	6	12	-6.85	-44.51	
90	Q37a			qp <sub>1</sub>	36	27	33	-6.19	-42.39	
91	Q38	21.223053	105.971	qh <sub>1</sub>	22	14	20	-6.89	-47.36	
92	Q50	21.092632	106.0827	qp <sub>1</sub>	48	32.2	45.4	-6.47	-42.72	
93	Q115	21.061892	106.0878	qh <sub>2</sub>	19	5	16	-5.99	-38.23	1.85
94	Q116a	21.040643	106.0893	qp <sub>1</sub>	71	45	68	-7.53	-51.91	
95	Q120	21.018996	105.936	qh <sub>1</sub>	12.78	3.03	9.75	-6.40	-42.13	
96	Q120a			qp <sub>2</sub>	24.18	15.15	21.15	-7.19	-48.69	
97	Q120b			qp <sub>1</sub>	46.15	33.33	43.48			
98	Q193a	20.817555	105.9845	qp <sub>1</sub>	78	65	73			
99	Q128	20.641778	106.039	qh <sub>2</sub>	21	13	19	-6.61	-43.28	
100	Q129	20.665834	106.05	qh <sub>1</sub>	15	5.6	11	-4.15	-28.17	
101	Q129a			qp <sub>2</sub>	31	21	27	-5.52	-36.39	
102	Q129b			qp <sub>1</sub>	82	69	79			
103	Q130	20.699836	106.1169	qh <sub>1</sub>	15	3	9	-5.20	-35.21	
104	Q130a			qp <sub>2</sub>	40	28	34	-6.32	-40.83	
105	Q130b			qp <sub>1</sub>	77	65	71	-7.76	-52.57	

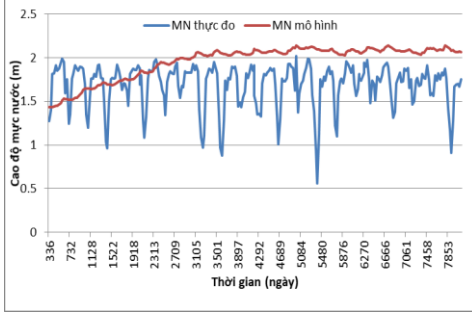
STT	Ký hiệu	Tọa độ		Tầng chứa nước	Chiều sâu giếng, m	Ống lọc (m)		Đồng vị bền (% vs. VSMOW)		Triti (TU)
		Vĩ độ	Kinh độ			Từ	đến	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	$^3\text{H}$
106	Q159	20.652884	106.4224	qh <sub>2</sub>	10	2.5	8.5			2.54
107	Q159a			qh <sub>1</sub>	44.5	32.5	41.5	-7.12	-46.92	
108	Q159b			qp <sub>1</sub>	109.5	97.5	106.5	-7.78	-52.95	
109	Q158	20.594703	106.508	qh <sub>2</sub>	10	2.6	6.7	-5.89	-41.66	2.62
110	Q158a			qp <sub>1</sub>	98	81.3	95.5	-7.68	-51.52	
111	Q156	20.08083	106.6015	qh <sub>2</sub>	15	3	9	-16.97	-49.30	
112	Q156a			qp <sub>1</sub>	96	84	90			
113	Q155	20.558489	106.5698	qh <sub>2</sub>	13	4	10	-7.26	-48.09	
114	Q143	21.0255	106.5642	qh <sub>1</sub>	9	2	6	-6.52	-44.95	
115	Q164	20.826388	106.6558	qh <sub>2</sub>	15	6	12	-36.89	-84.66	2.46
116	Q164a			qp <sub>1</sub>	45	32	42	-21.52	-50.18	
117	Q167	20.862641	106.5916	qh <sub>1</sub>	11.6	2.6	8.6	-5.62	-37.90	
118	Q167a			qp <sub>1</sub>	62.8	51.8	59.8	-8.53	-57.37	
119	Q168	20.879868	106.5601	qh <sub>1</sub>	11.4	2.4	8.4	-8.78	-38.73	
120	Q144	20.973432	106.4886	qh <sub>2</sub>	15.27	5.6	11.6	-5.96	-39.28	
121	Q145	20.90068	106.394	qh <sub>2</sub>	12	3	9	-21.78	-71.01	0.98
122	Q145a				78.7	65.7	75.7	-7.22	-48.91	
123	Q146	20.894291	106.3764	qh <sub>2</sub>	14.6	5.5	11.6	-4.91	-39.30	
124	Q131	20.788337	106.2396	qh <sub>2</sub>	11.4	3.6	9.6	-5.05	-33.48	
125	Q131a			qp <sub>2</sub>	49	40	46	-14.82	-60.05	
126	Q131b			qp <sub>1</sub>	89	72	86	-7.48	-45.59	
127	Q148	20.880081	106.3583	qh <sub>1</sub>	36.7	28.7	32.7	-4.46	-37.32	
128	Q148a			qp <sub>1</sub>	84.6	71.6	81.6	-6.90	-53.40	
129	Q147	20.891043	106.3741	qh <sub>2</sub>	14.6	5.6	11.6	-8.18	-56.42	1.75
130	Q127	20.892889	106.0974	qh <sub>1</sub>	19	10	16	-4.06	-32.18	
131	Q127a			qp <sub>1</sub>	68	56	65	-8.04	-54.94	
132	Q119	20.977421	105.9949	qh <sub>1</sub>	18	6	12	-4.56	-42.35	
133	Q119a			qp <sub>2</sub>	44	32	38	-7.91	-64.22	
134	Q119b			qp <sub>1</sub>	76	64	70	-5.98	-47.76	

## PHỤ LỤC 6. KẾT QUẢ CHỈNH LÝ MÔ HÌNH VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG

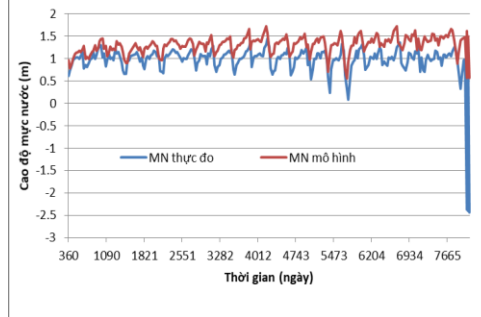
### 6.1 Tầng chứa nước Holocen (qh)



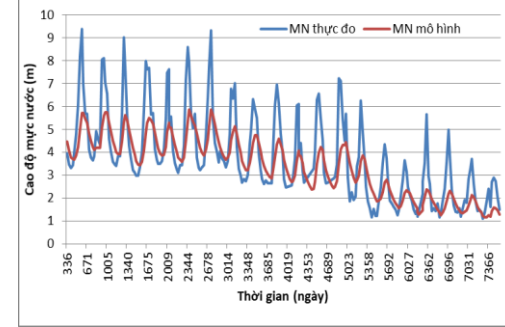




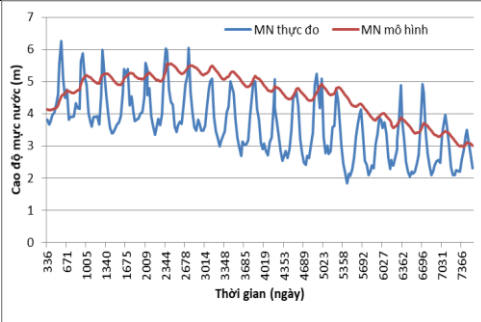
Q.127/qh



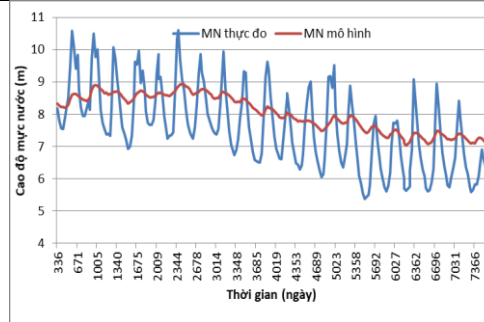
Q.159/qh



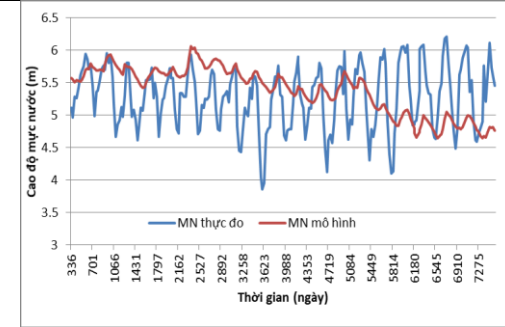
Q.32/qh



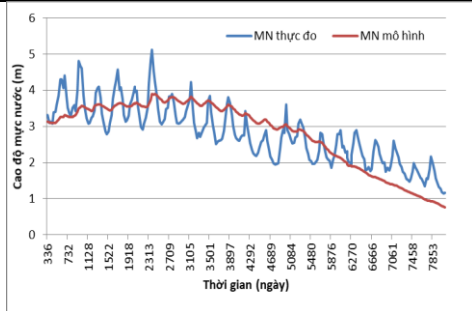
Q.33/qh



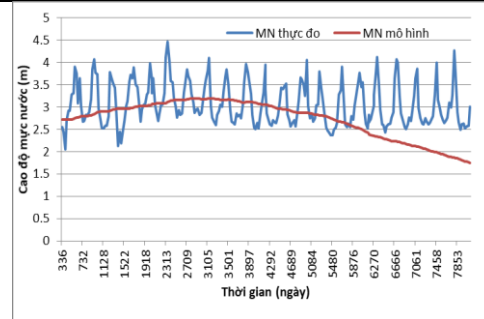
Q.56/qh



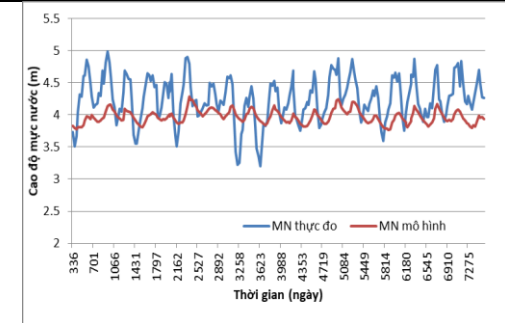
Q.57/qh



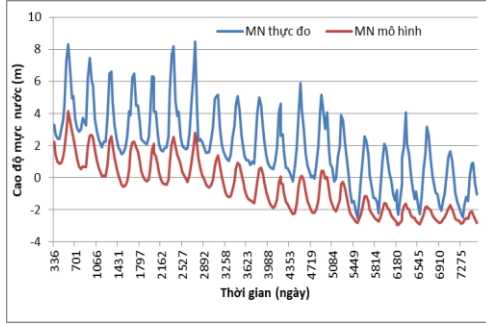
Q.60/qh



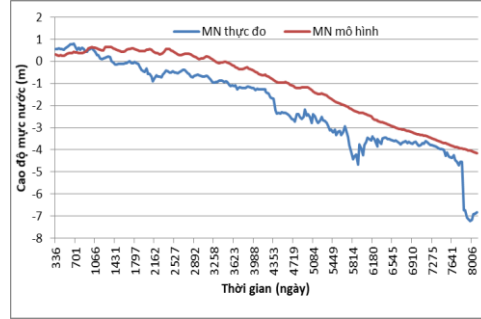
Q.59A/qh



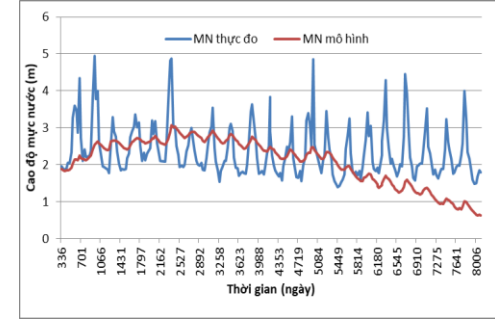
Q.66/qh



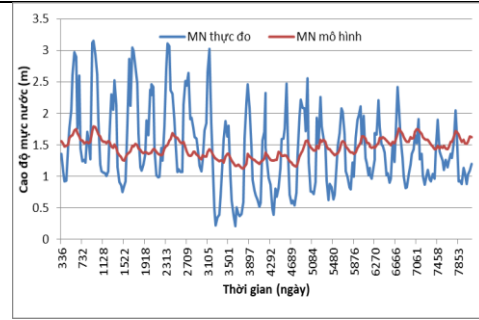
Q.67/qh



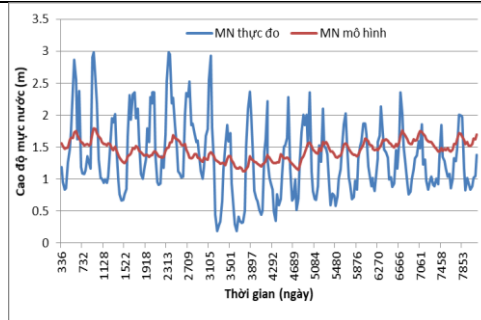
Q.69/qh



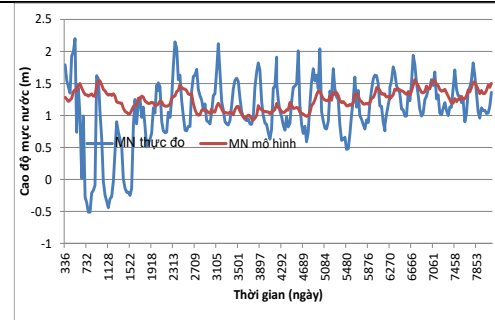
Q.75/qh



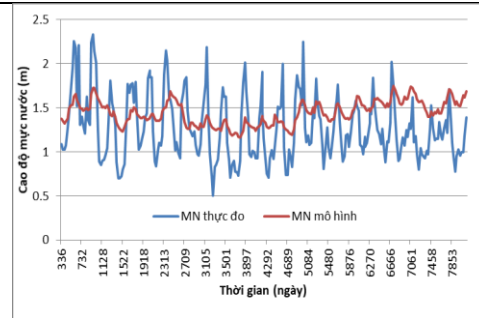
Q.83/qh



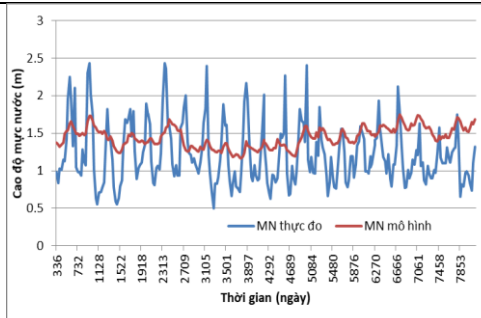
Q.83a/QH



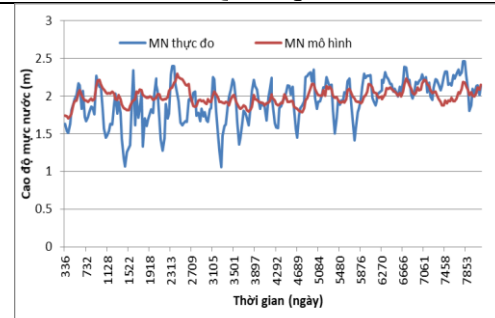
Q.84/qh



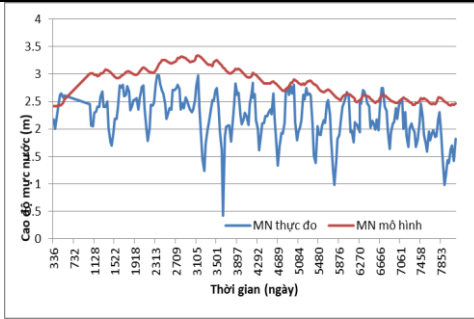
Q.85/qh



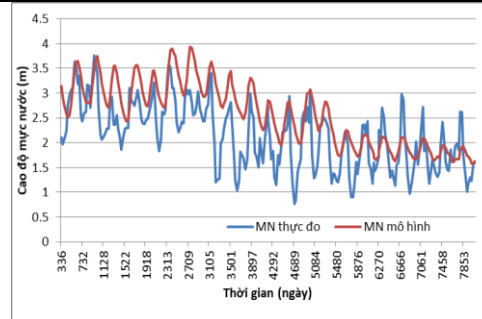
Q.85A/qh



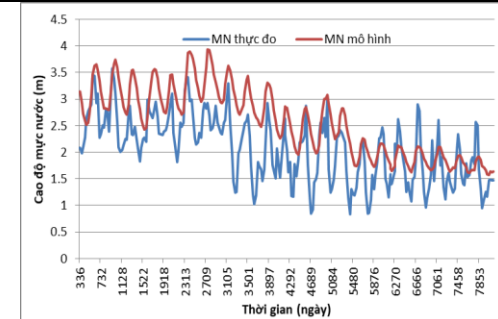
Q.86/qh



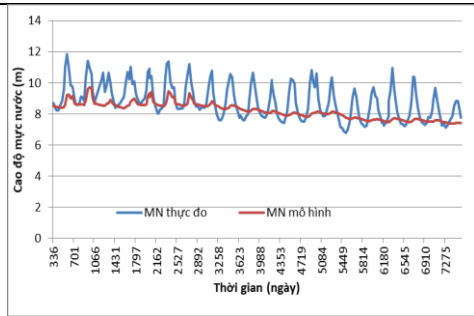
Q.87A/qh



Q.88/qh

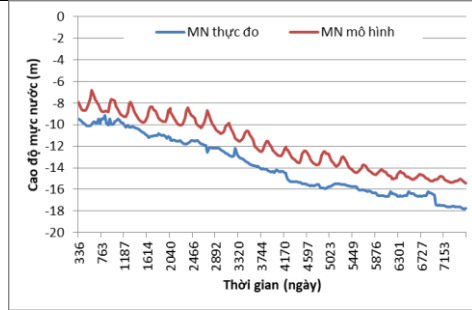


Q.88A/qh

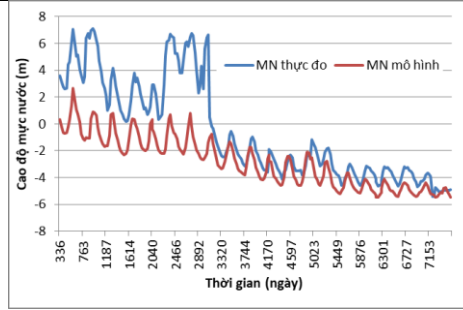


Q.9/qh

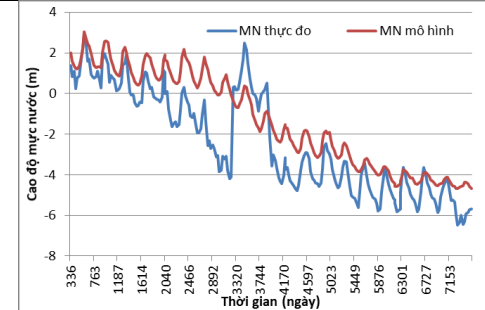
### 6.2 Tầng chứa nước Pleistocen (qp)



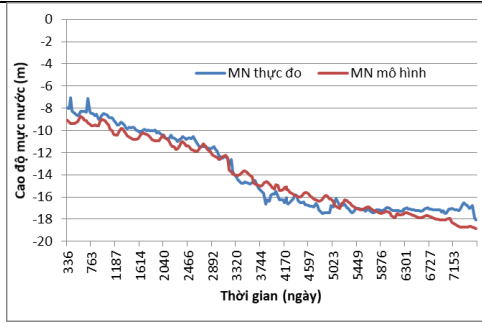
P.16A/qp



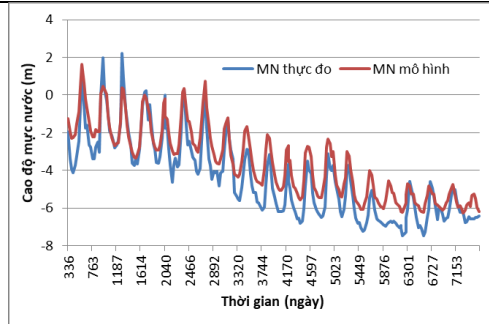
P.17A/qp



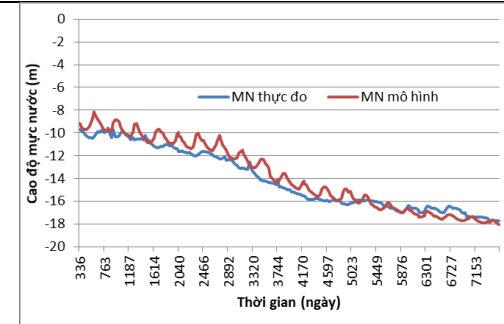
P.21A/qp



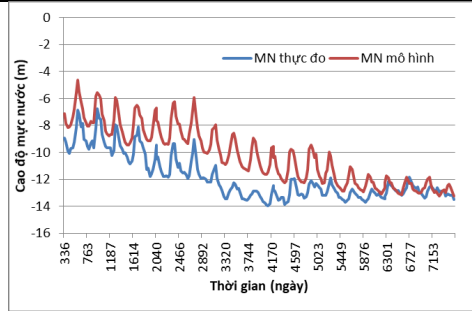
P.25A/qp



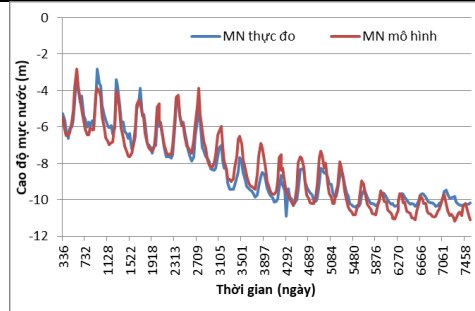
P.27A/qp



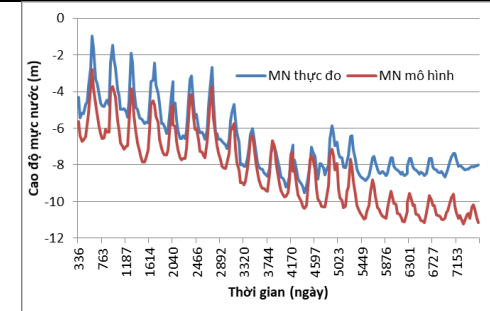
P.29A/qp



P.31A/qp

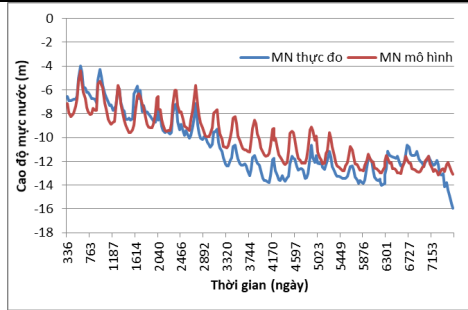


P.32A/qp

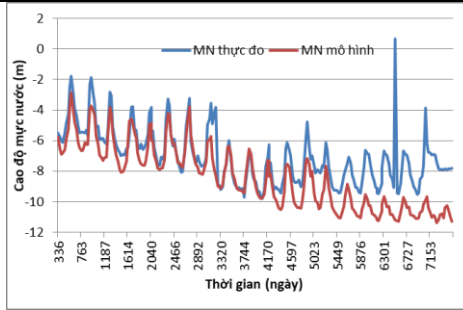


P.35A/qp

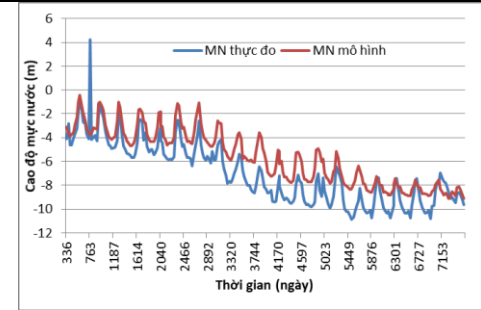




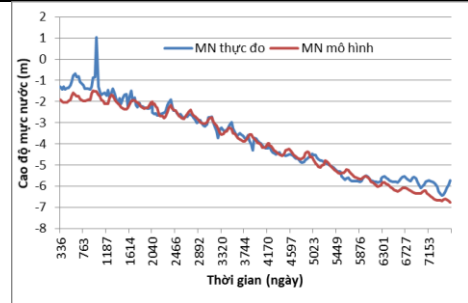
P.38A/qp



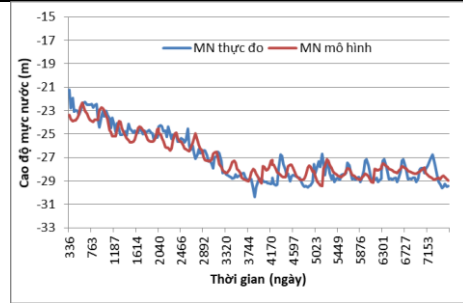
P.39A/qp



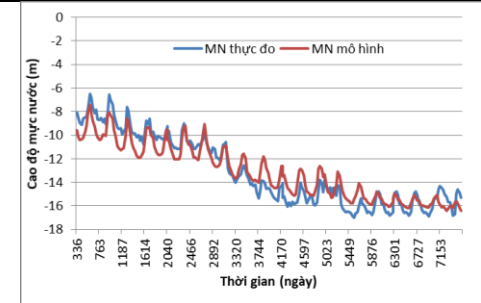
P.3A/qp



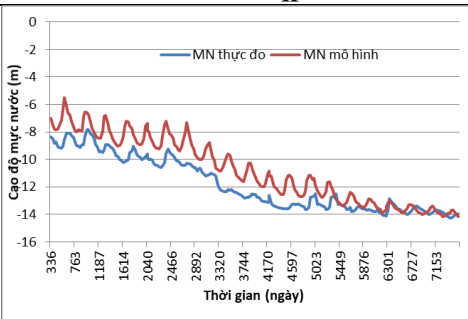
P.40A/qp



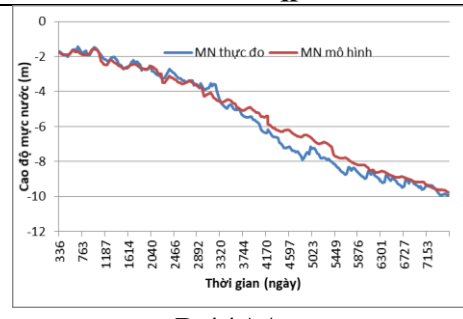
P.41A/qp



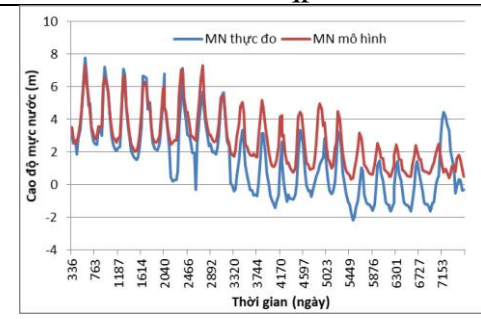
P.42A/qp



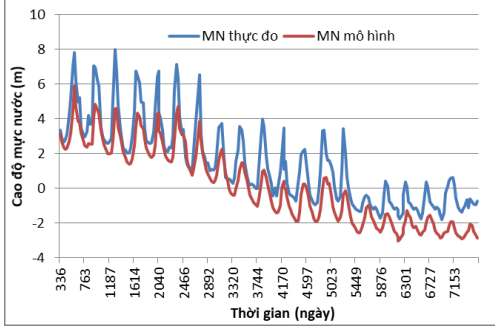
P.43A/qp



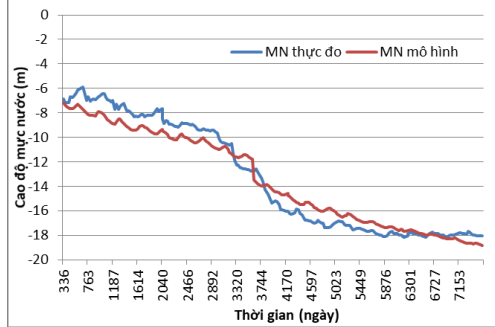
P.44A/qp



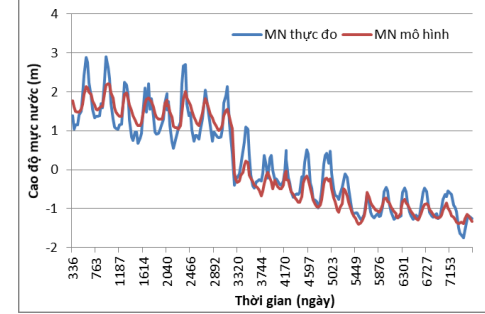
P.46A/qp



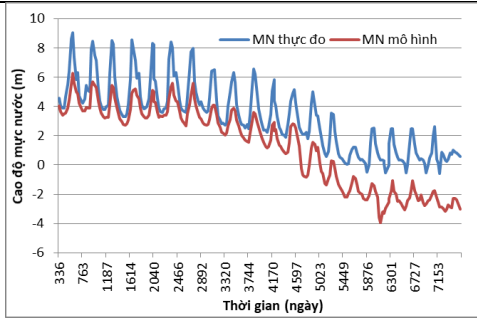
P.47A/qp



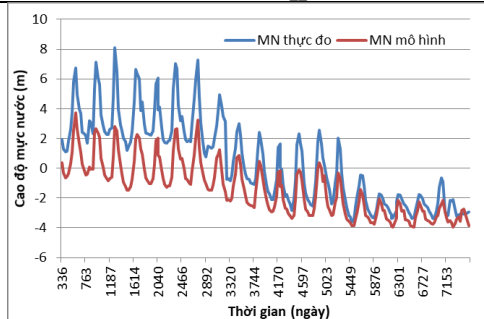
P.52A/qp



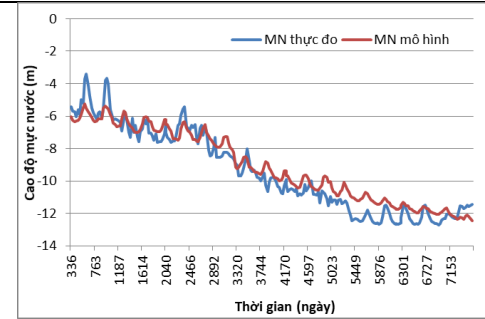
P.54A/qp



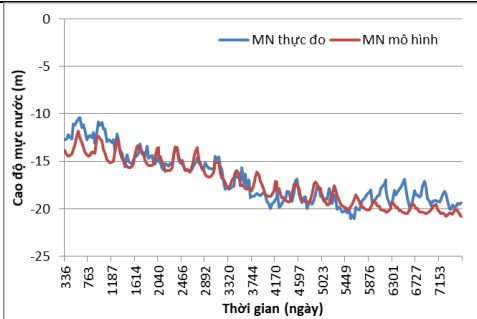
P.55A/qp



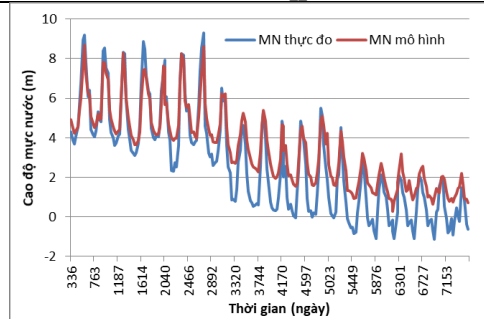
P.58A/qp



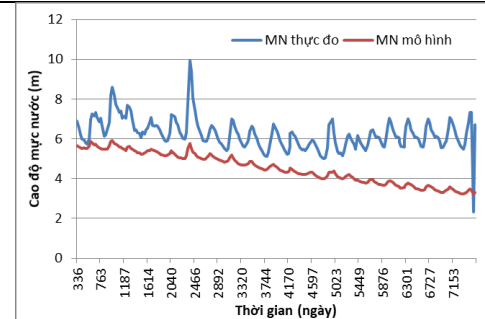
P.60A/qp



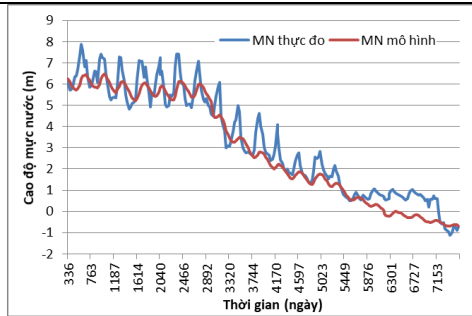
P.61A/qp



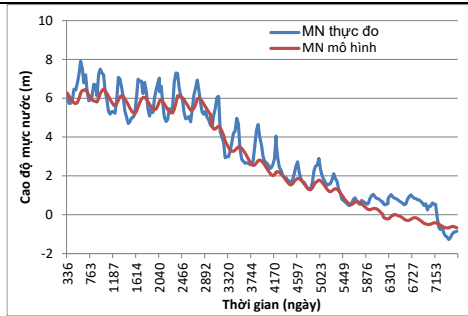
P.65A/qp



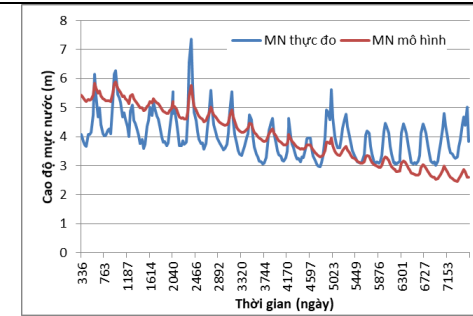
P.66A/qp



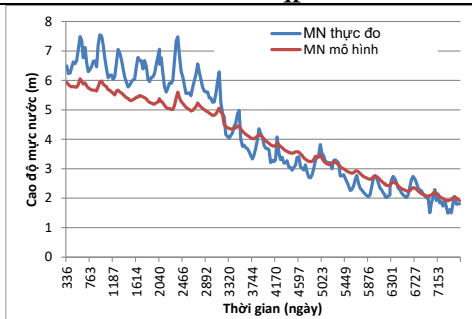
P.67A/qp



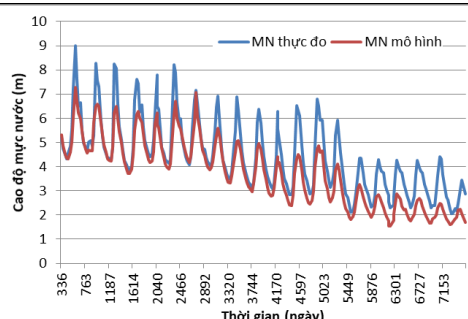
P.67B/A



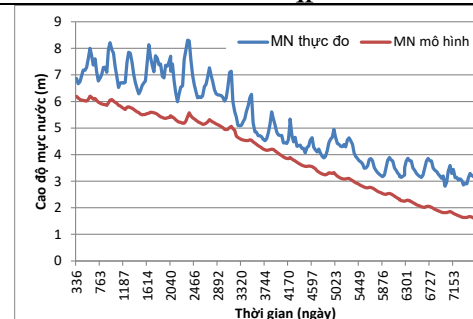
P.68A/qp



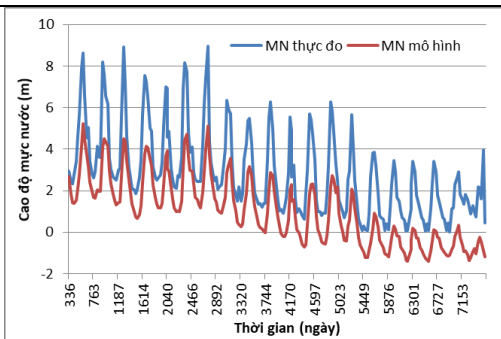
P.71A/qp



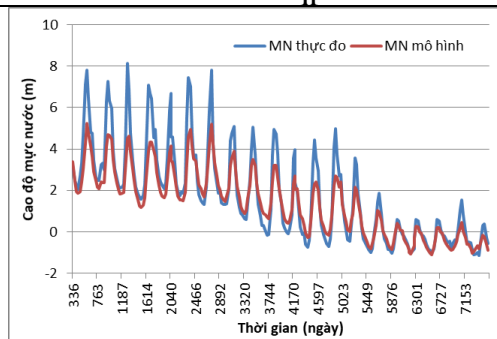
P.72A/qp



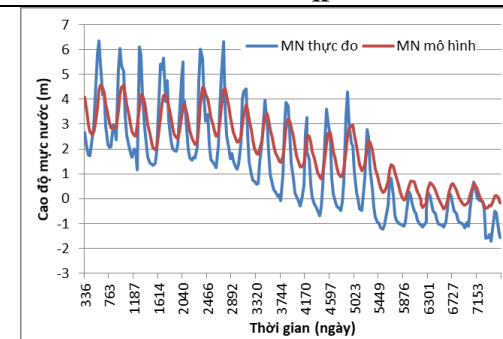
P.73A/qp



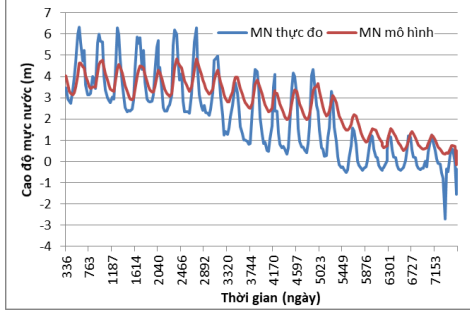
P.75A/qp



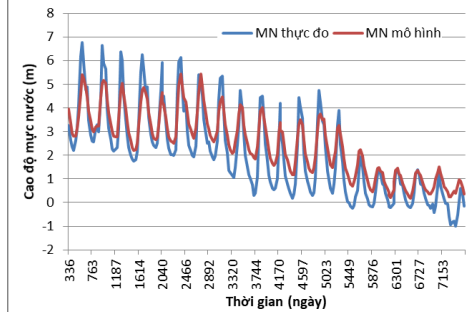
P.76A/qp



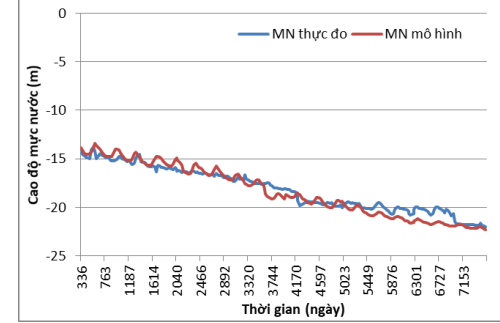
P.77A/qp



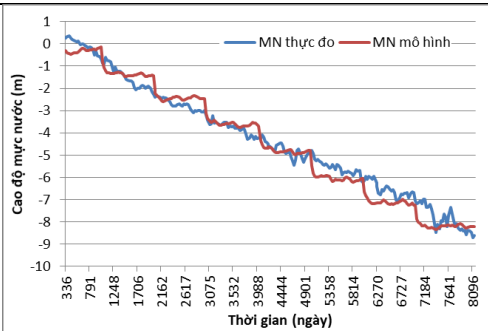
P.78A/qp



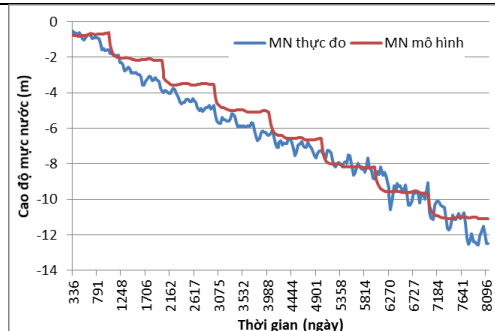
P.80A/qp



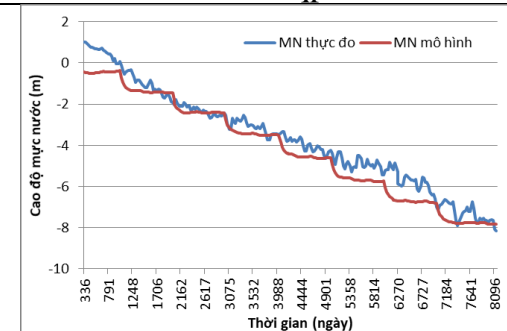
P.9A/qp



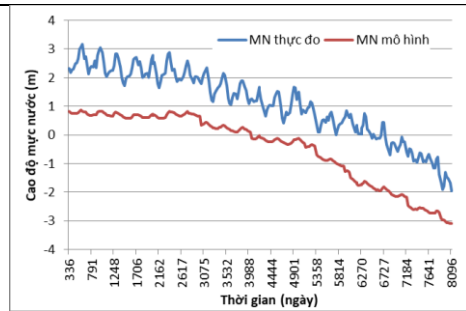
Q.108B/A



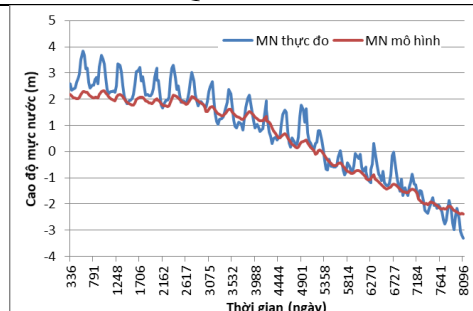
Q.109A/A



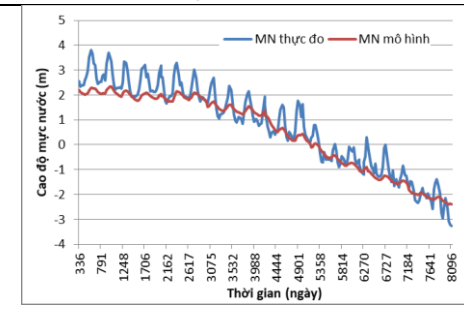
Q.110A/A



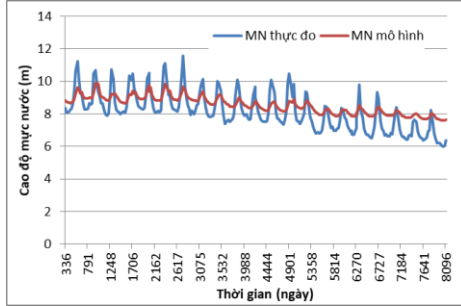
Q.116A/A



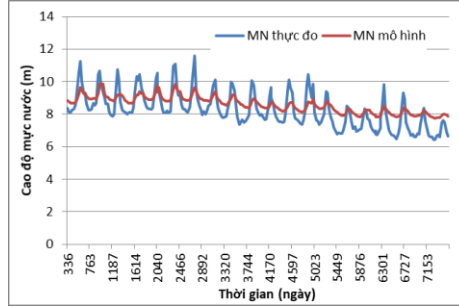
Q.119A/A



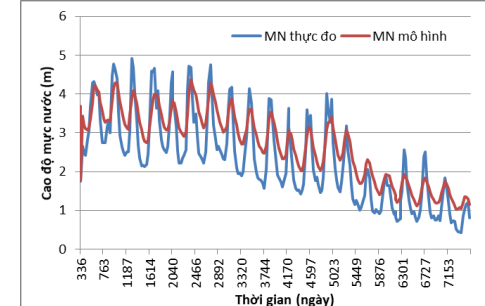
Q.119B/A



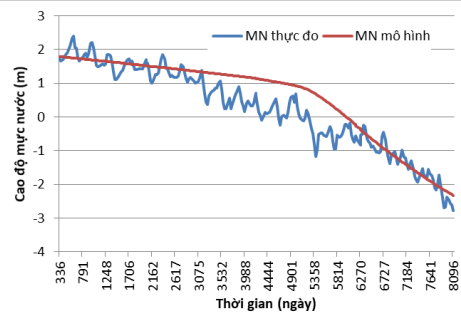
Q.11A/A



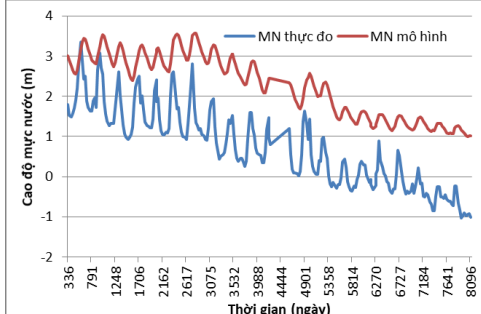
Q.11A/qp



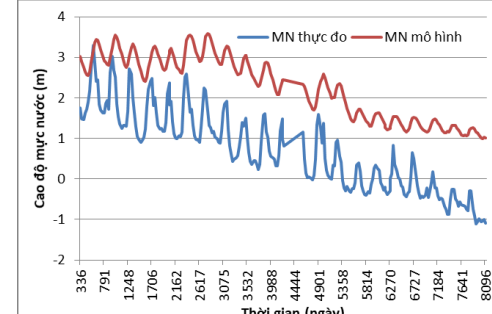
Q.120A/gh



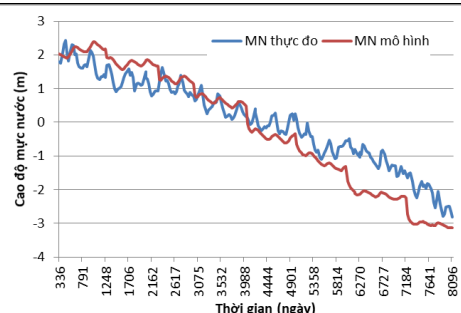
Q.127A/A



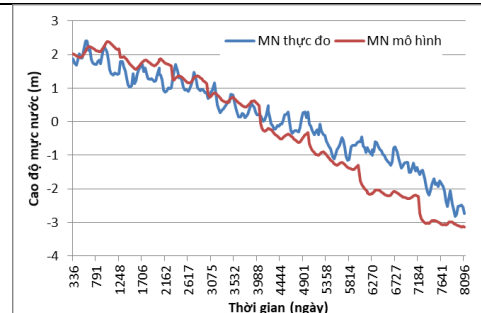
Q.129A/A



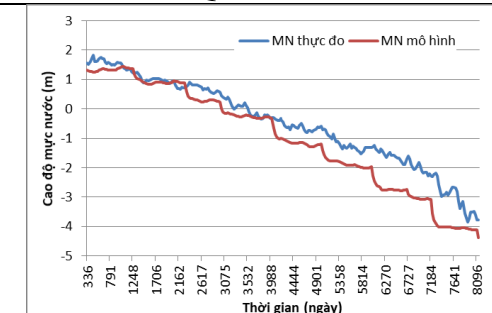
Q.129B/A



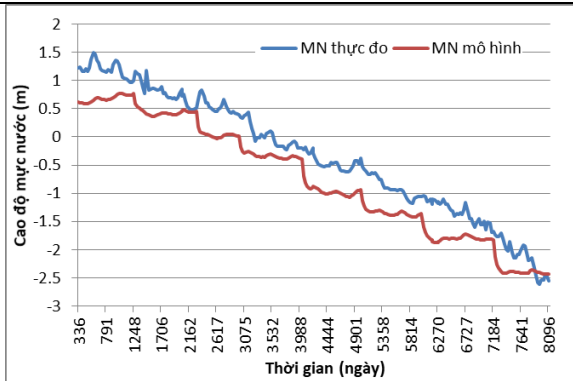
Q.130A/A



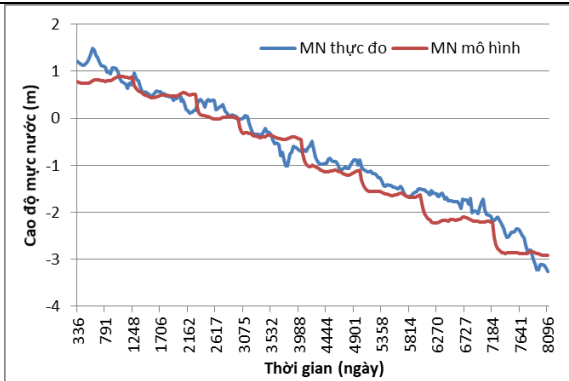
Q.130B/A



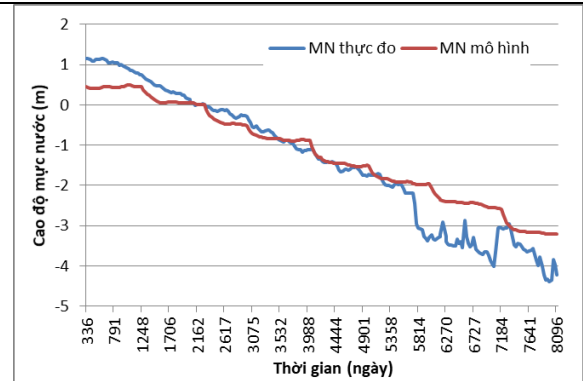
Q.131B/A



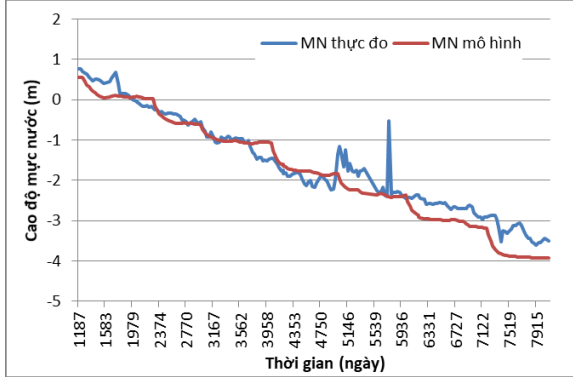
Q.145A/A



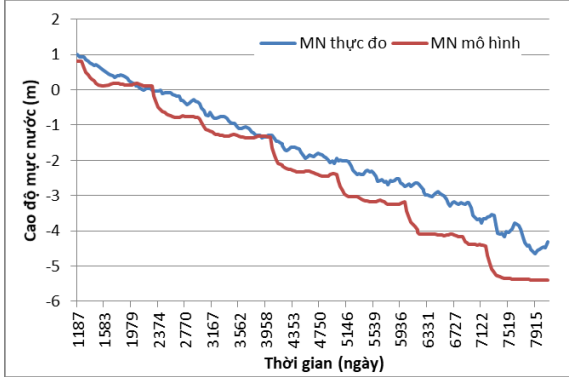
Q.148A/A



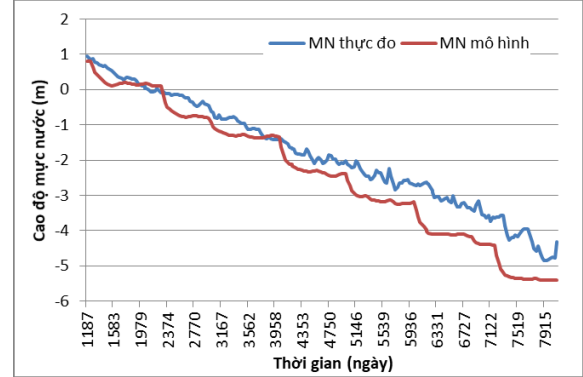
Q.156A/A



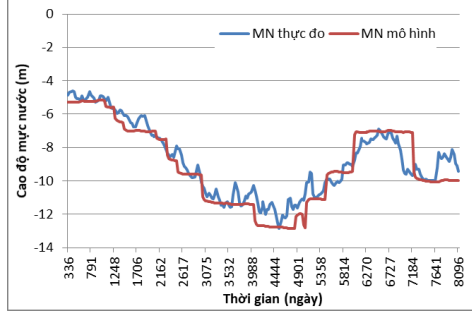
Q.158A/A



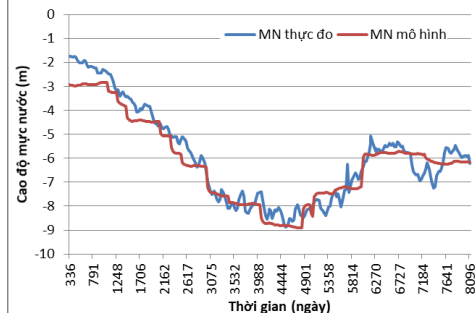
Q.159A/A



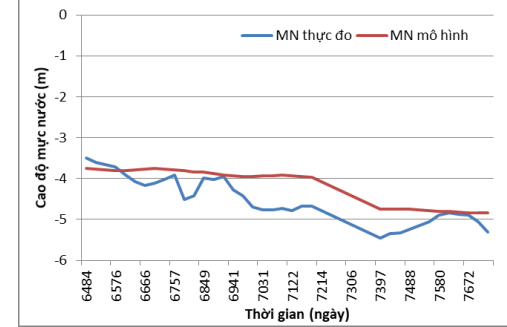
Q.159B/A



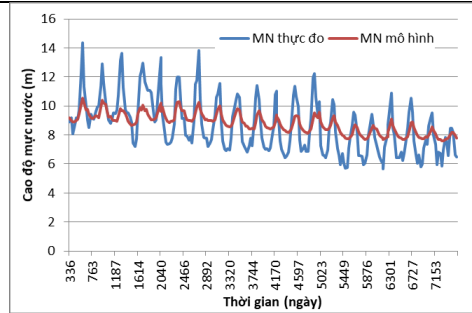
Q.164A/ qh



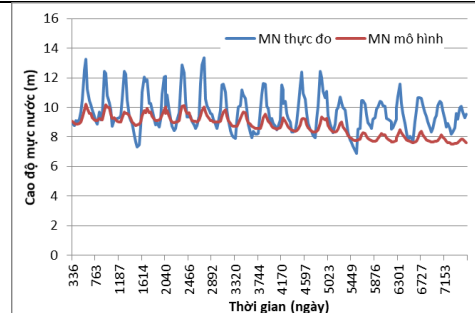
Q.167A/A



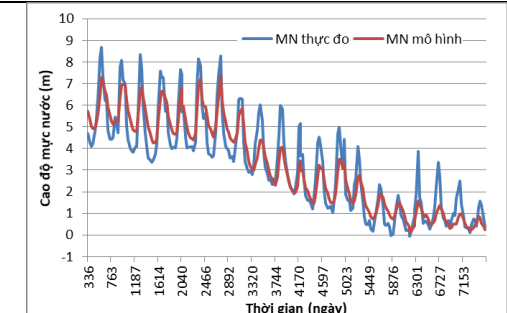
Q.181A/A



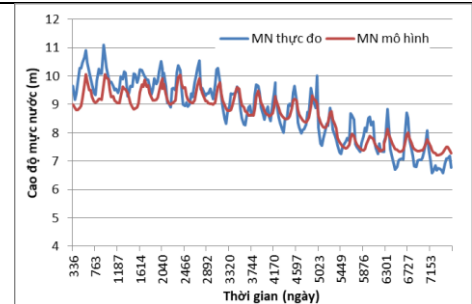
Q.1A/QP



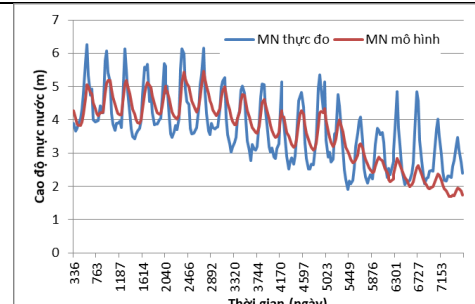
Q.2/qh



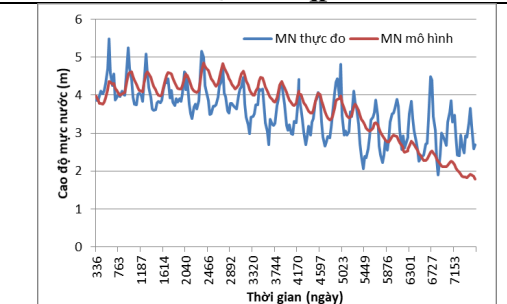
Q.23A/qp



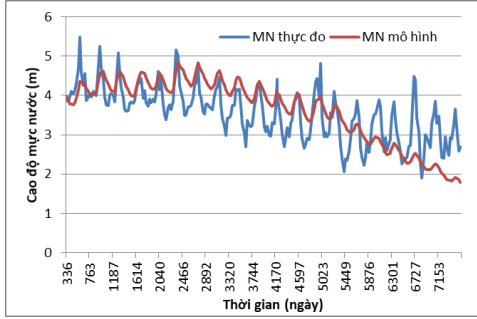
Q.3/qp



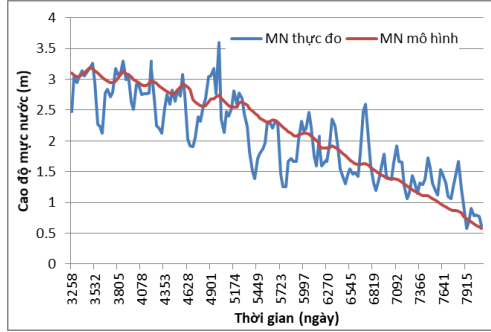
Q.33A/qp



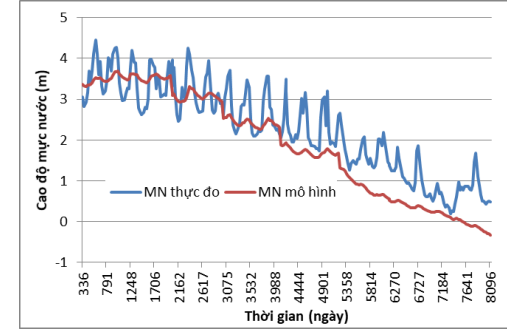
Q.34A/qh



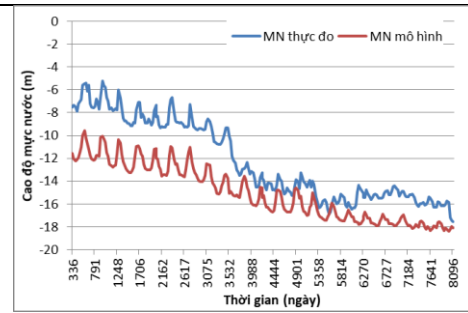
Q.34A/qp



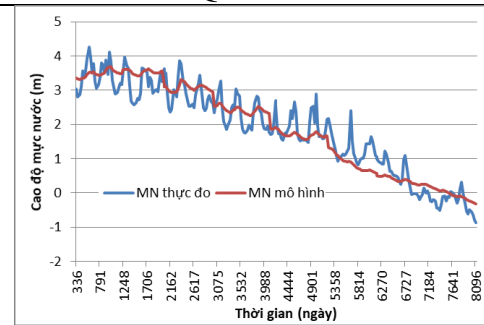
Q.35A/A



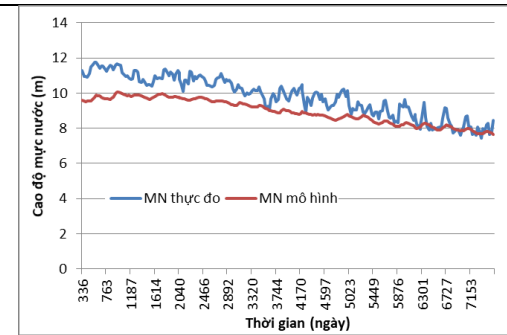
Q.37A



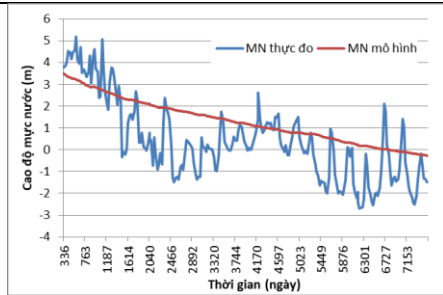
Q.65B/A



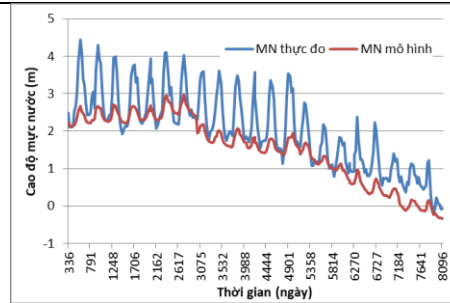
Q.37A/A



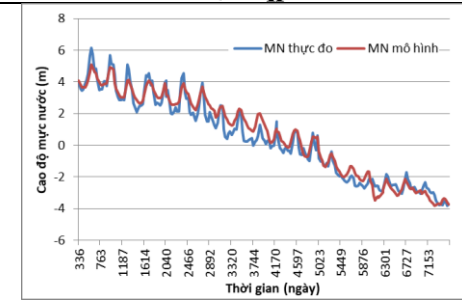
Q.4/qp



Q.5/qp

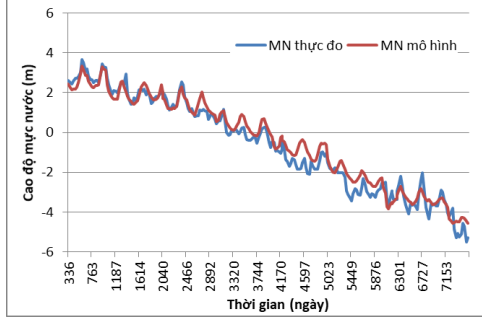


Q.50A/A

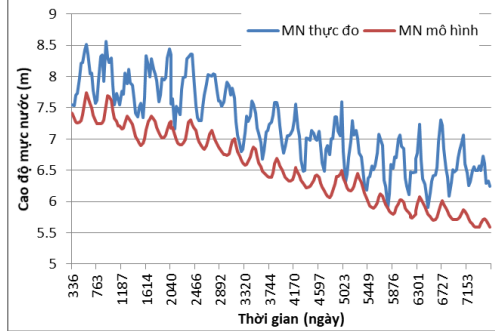


Q.57A/qp

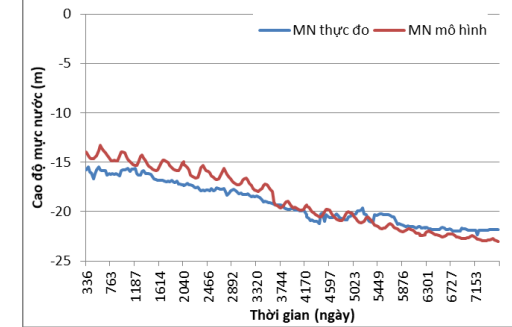




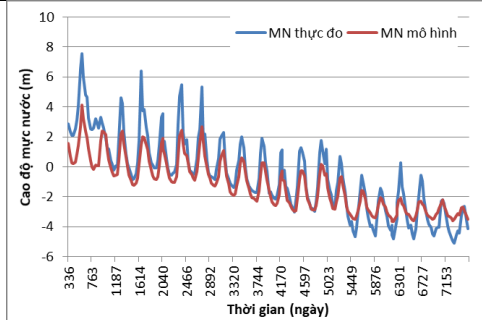
Q.58A/qp



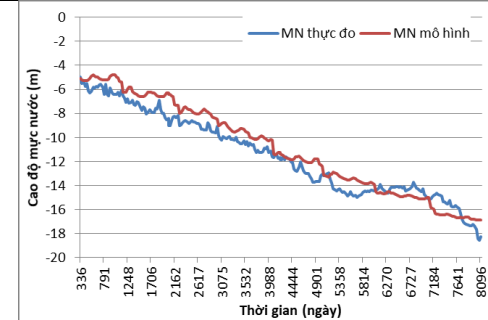
Q.6/qp



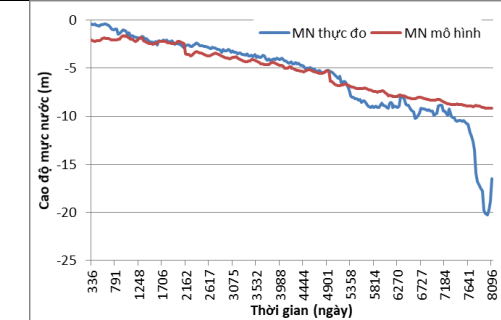
Q.63A/qp



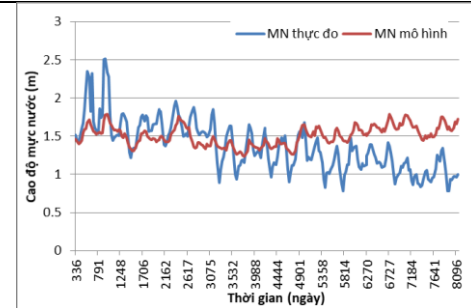
Q.67A/qp



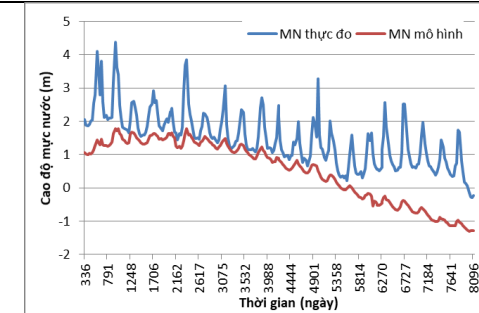
Q.68B/A



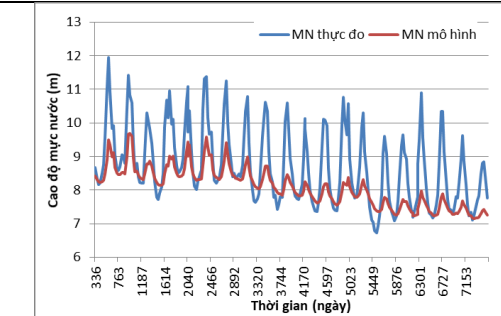
Q.69A/A



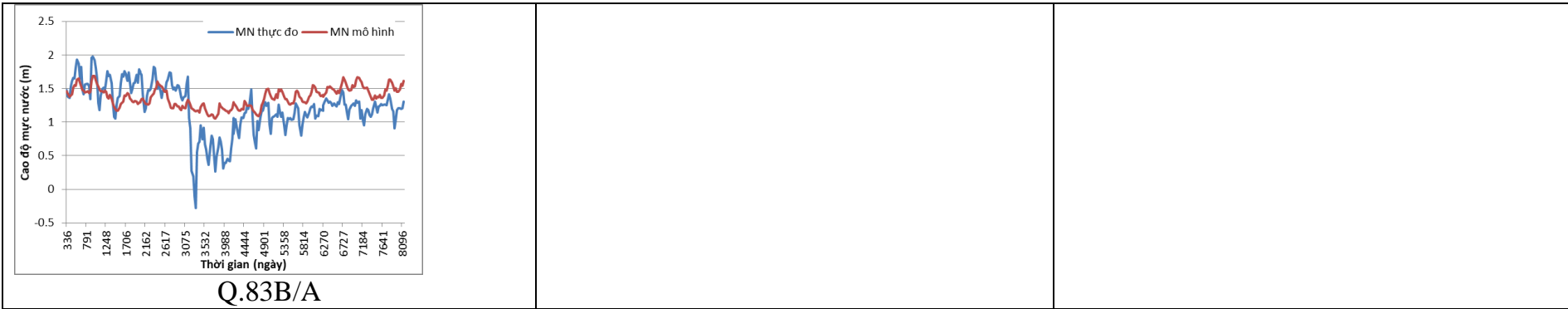
Q.85B/A



Q.75A/A



Q.9A/qp



## PHỤ LỤC 7. BẢNG HỎI Ý KIẾN CHUYÊN GIA

### 7.1 Mẫu bảng hỏi

Mã số phiếu:

#### PHIẾU THAM VẤN Ý KIẾN CHUYÊN GIA

*Phục vụ đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến lượng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất các trầm tích Đệ tứ vùng Đồng bằng sông Hồng*

Xin Ông/Bà cho biết những thông tin sau đây

#### PHẦN 1: THÔNG TIN CHUNG

Họ và tên chuyên gia:

Trình độ chuyên môn (GS, PGS, TS, ThS):

Cơ quan công tác:

Số điện thoại:                      Email:

#### PHẦN 2: NỘI DUNG XIN THAM VẤN

##### A. Giới thiệu phương pháp AHP

Một hệ thống tiêu chí đánh giá khả năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất các trầm tích Đệ tứ Đồng bằng sông Hồng được xây dựng bằng cách sử dụng phương pháp AHP (Thomas L. Saaty, 1980). Mức độ ảnh hưởng của các yếu tố được cho điểm từ 1 đến 10, điểm số cao hơn cho thấy yếu tố đó ảnh hưởng đến bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất cao hơn các yếu tố có điểm số thấp hơn.

Các khu vực bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất được xác định dựa trên chỉ số tiềm năng bổ cập nước dưới đất (GRI) theo công thức được đề xuất bởi Malczewski (1999). Chỉ số này được tính toán từ việc phân tích tích hợp tất cả các yếu tố ảnh hưởng đến bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất

$$GRI = RF_w RF_r + LG_w LG_r + GG_w GG_r + SG_w SG_r + DS_w DS_r + LC_w LC_r + SC_w SC_r + GL_w GL_r$$

Trong đó GRI là chỉ số tiềm năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất. RF là chỉ số lượng mưa, LG là chỉ số trầm tích Đệ tứ và đá gốc, GG là chỉ số địa mạo, SG là chỉ số độ dốc địa hình, DS là chỉ số mật độ sông suối, LC là chỉ số lớp phủ/sử dụng đất, SC là chỉ số loại đất và GL là chỉ số mực nước dưới đất. Các chỉ số phụ 'w' đề cập đến thứ hạng ảnh hưởng của từng lớp dữ liệu đến sự bổ cập và 'r' là xếp hạng của các lớp giá trị trong mỗi lớp dữ liệu

##### B. Đánh giá điểm số

Phiếu này được xây dựng với mục đích tham vấn ý kiến các chuyên gia của Việt Nam nhằm tính toán trọng số cho các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất các trầm tích Đệ tứ Đồng bằng sông Hồng bao gồm xếp thứ hạng cho từng nhân tố và thang điểm cho từng chỉ số. Vì vậy kính mong chuyên gia cho ý kiến đánh giá cụ thể như sau:

### 1. Đánh giá điểm số cho từng yếu tố

Xin vui lòng đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất vùng đồng bằng sông Hồng theo thang điểm từ 1 (ít ảnh hưởng nhất) đến 10 (nhiều ảnh hưởng nhất):

STT	Yếu tố	Ký hiệu	Mô tả	Điểm đánh giá
1	Lượng mưa	RF	Mưa trung bình năm của khu vực	
2	Trầm tích Đệ tứ và đá gốc	LG	Loại đất đá trầm tích và đá gốc	
3	Địa mạo	GG	Địa hình cao, thấp, chia cắt nhiều, ít	
4	Độ dốc	SG	Độ dốc địa hình	
5	Mật độ sông suối	DS	Chiều dài sông trên 1km <sup>2</sup>	
6	Sử dụng đất, lớp phủ	LC	Loại hình sử dụng đất và lớp phủ	
7	Loại đất	SC	Kiểu đất, thành phần đất	
8	Mực nước dưới đất	GL	Độ sâu mực nước dưới đất từ mặt đất	

### 2. Đánh giá thang điểm cho từng chỉ số của từng yếu tố

Xin vui lòng đánh giá các chỉ số của từng yếu tố ảnh hưởng đến khả năng bổ cập từ nước mưa cho nước dưới đất vùng đồng bằng sông Hồng theo thang điểm từ 1 (ít ảnh hưởng nhất) đến 10 (nhiều ảnh hưởng nhất):

#### 2.1 Đánh giá thang điểm cho yếu tố Lượng mưa\_RF

<b>Lượng mưa (mm/năm)</b>	> 2400	> 1950 - 2400	> 1500 - 1950	≤ 1500
<b>Điểm đánh giá</b>				

Ý kiến khác (nếu có)

#### 2.2 Đánh giá thang điểm cho yếu tố Trầm tích Đệ tứ và đá gốc\_LG

<b>Trầm tích Đệ tứ và đá gốc</b>	Cát sạn	Sét bột, cát	Sét bột, cát bột	Sét, cát bột	Sét bột	Đá gốc
<b>Điểm đánh giá</b>						

Ý kiến khác (nếu có)

#### 2.3 Đánh giá thang điểm cho yếu tố Địa mạo\_GG

<b>Địa mạo</b>	Đồng bằng	Địa hình trung bình	Địa hình cao	Địa hình rất cao
<b>Điểm đánh giá</b>				

Ý kiến khác (nếu có)

## 2.4 Đánh giá thang điểm cho yếu tố Độ dốc\_SG

<b>Độ dốc địa hình (%)</b>	0-5	5-9	9-15	15-30	>30
<b>Điểm đánh giá</b>					

Ý kiến khác (nếu có)

## 2.5 Đánh giá thang điểm cho yếu tố Mật độ sông suối\_DS

<b>Mật độ sông suối (km/km<sup>2</sup>)</b>	<0,25	0,25-5	0,5-0,75	0,75-1,0	>1,0
<b>Điểm đánh giá</b>					

Ý kiến khác (nếu có)

## 2.6 Đánh giá thang điểm cho yếu tố Sử dụng đất, lớp phủ\_LS

<b>Sử dụng đất, lớp phủ</b>	Thủy vực	Lúa	Cây trồng	Rừng	Đất ngập nước	Đất trống	Đô thị
<b>Điểm đánh giá</b>							

Ý kiến khác (nếu có)

## 2.7 Đánh giá thang điểm cho yếu tố Loại đất\_SC

<b>Loại đất</b>	Cát	Đất xám, nâu đỏ	Đất phù sa phì nhiêu	Sét phì nhiêu	Đất xám bạc màu	Đất sét	Đá gốc
<b>Điểm đánh giá</b>							

Ý kiến khác (nếu có)

## 2.8 Đánh giá thang điểm cho yếu tố Mực nước dưới đất\_GL

<b>Mực nước dưới đất (m)</b>	>10	7,5-10	5-7,5	3-5	<3
<b>Điểm đánh giá</b>					

Ý kiến khác (nếu có)

**Người được tham vấn**

## 7.2 Danh sách chuyên gia

Bảng 1. Danh sách chuyên gia xin tham vấn

TT	Họ và tên chuyên gia		Học hàm học vị	Chuyên môn	Đơn vị công tác	Liên hệ
1	Trương Thị Vân	Anh	TS	Địa tin học thủy văn	Khoa Tài nguyên nước, Đại học TNMTHN	ttvanh@hunre.edu.vn
2	Đoàn Văn	Cánh	PGS	Địa chất thủy văn	Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam	doanvan canh@gmail.com
3	Trần Kim	Châu	PGS	Thủy văn	Khoa Thủy văn và Tài nguyên nước, Đại học Thủy Lợi	kimchau_hwru@tlu.edu.vn
4	Phạm Văn	Doanh	TS	Kỹ thuật Hạ tầng	Khoa Kỹ thuật Hạ tầng và Môi trường đô thị, Đại học Kiến Trúc	doanh hkt@gmail.com
5	Nguyễn Duy	Dũng	ThS	Địa chất thủy văn	Trung tâm Quy hoạch và điều tra Tài nguyên nước Quốc gia	989277073
6	Thân Văn	Đón	TS	Địa chất thủy văn	Trung tâm công nghệ và dữ liệu Tài nguyên nước	976632126
7	Nguyễn Ngọc	Hà	TS	Thủy văn	Trung tâm Quy hoạch và điều tra Tài nguyên nước Quốc gia	989668386
8	Phạm Thanh	Hải	TS	Viễn thám	Trung tâm viễn thám và Geomatic, Viện Địa chất	pham.th.hai@gmail.com
9	Hoàng Văn	Hoan	TS	Địa chất thủy văn	Trung tâm Quy hoạch và điều tra Tài nguyên nước Quốc gia	983653229
10	Đỗ Tiến	Hùng	TS	Địa chất thủy văn	Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam	
11	Nghiêm Vân	Khanh	PGS	Kỹ thuật Hạ tầng	Khoa Kỹ thuật Hạ tầng và Môi trường đô thị, Đại học Kiến Trúc	904587103

TT	Họ và tên chuyên gia		Học hàm học vị	Chuyên môn	Đơn vị công tác	Liên hệ
12	Thi Văn Lê	Khoa	ThS.NCS	Viễn thám	Khoa Tài nguyên nước, Đại học TNMTHN	tvlkhoa@hunre.edu.vn
13	Trần Thành	Lê	TS	Địa chất thủy văn	Khoa Tài nguyên nước, Đại học TNMTHN	ttle@hunre.edu.vn
14	Trần Vũ	Long	TS	Địa chất thủy văn	Khoa Địa chất, Đại học Mỏ - Địa chất	tranvulong@humg.edu.vn
15	Trần Thị Hồng	Minh	TS	Địa chất	Khoa Địa chất, Đại học TNMTHN	tthminh@hunre.edu.vn
16	Phạm Quý	Nhân	PGS	Địa chất thủy văn	Khoa Tài nguyên nước, Đại học TNMTHN	pqnhan@hunre.edu.vn
17	Đào Mạnh	Phú	ThS	Môi trường	Trung tâm Quy hoạch và điều tra Tài nguyên nước Quốc gia	982558922
18	Phạm Bá	Quyền	ThS	Địa chất thủy văn	Trung tâm Quy hoạch và điều tra Tài nguyên nước Quốc gia	phambaquyenmdc@gmail.com
19	Phạm Quang	Son	TS.NCVCC	Viễn thám	Viện Địa chất, Viện Hàn lâm khoa học và công nghệ Việt Nam	quangsonpham2010@gmail.com
20	Đỗ Hùng	Son	ThS	Địa chất thủy văn	Công ty cổ phần tư vấn, dịch vụ TNN và BDKH miền Bắc	982783266
21	Phạm Văn	Tiền	TS	Địa chất	Viện Địa chất, Viện Hàn lâm khoa học và công nghệ Việt Nam	phamtiengtv@gmail.com
22	Trần Văn	Tinh	TS	Thủy văn	Khoa Tài nguyên nước, Đại học TNMTHN	tvtingh@hunre.edu.vn
23	Nguyễn Tiến	Tùng	ThS	Địa chất thủy văn	Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước miền Nam	nguyentientung1974@gmail.com

<b>TT</b>	<b>Họ và tên chuyên gia</b>		<b>Học hàm học vị</b>	<b>Chuyên môn</b>	<b>Đơn vị công tác</b>	<b>Liên hệ</b>
24	Tống Ngọc	Thanh	TS	Địa chất thủy văn	Trung tâm Quy hoạch và điều tra Tài nguyên nước Quốc gia	tngocthanh@monre.gov.vn
25	Phí Trường	Thành	PGS	Địa chất	Khoa Địa chất, Đại học TNMTHN	ptthanh@hunre.edu.vn
26	Nguyễn Bách	Thảo	TS	Địa chất thủy văn	Khoa Địa chất, Đại học Mỏ - Địa chất	nguyenbacthao@humg.edu.vn
27	Tạ Thị	Thoảng	TS	Địa chất thủy văn	Khoa Tài nguyên nước, Đại học TNMTHN	364385189
28	Hồ Văn	Thủy	ThS	Địa chất thủy văn	Trung tâm Quy hoạch và điều tra Tài nguyên nước Quốc gia	978900057
29	Lê Thị	Thường	TS	Thủy văn	Khoa Khí tượng Thủy văn, Đại học TNMTHN	ltthuong@hunre.edu.vn
30	Đặng Trần	Trung	TS	Địa chất thủy văn	Trung tâm Quy hoạch và điều tra Tài nguyên nước Quốc gia	dtrung@gmail.com



### 7.3 Tổng hợp điểm chuyên gia

Bảng 2. Điểm của các yếu tố ảnh hưởng cho bởi chuyên gia

TT	Họ và tên chuyên gia		Lượng mưa	Sử dụng đất	Loại đất	Trầm tích Đệ tứ và đá gốc	Mức NĐĐ	Địa mạo	Độ dốc	Mật độ sông suối
1	Trương Thị Vân	Anh	9,0	8,5	8,0	6,5	6,0	3,0	2,0	1,0
2	Đoàn Văn	Cánh	10,0	8,0	8,0	7,0	7,0	4,0	3,0	1,0
3	Trần Kim	Châu	9,0	8,0	7,0	6,5	6,0	4,0	2,0	1,0
4	Phạm Văn	Doanh	8,0	7,0	7,0	2,0	7,0	5,0	5,0	7,0
5	Nguyễn Duy	Dũng	10,0	8,0	7,5	7,5	6,0	3,0	2,0	2,0
6	Thân Văn	Đón	9,0	8,0	7,0	7,0	5,0	3,0	3,0	2,0
7	Nguyễn Ngọc	Hà	9,0	8,0	7,0	7,0	6,0	2,0	2,0	1,0
8	Phạm Thanh	Hải	6,0	5,0	4,0	1,0	1,0	10,0	7,0	4,0
9	Hoàng Văn	Hoan	9,0	8,0	7,0	7,0	7,0	3,0	2,0	1,0
10	Đỗ Tiến	Hùng	9,5	9,0	8,0	8,0	5,0	3,0	2,0	1,0
11	Nghiêm Vân	Khanh	10,0	8,5	8,0	8,0	6,0	4,0	3,0	1,0
12	Thị Văn Lê	Khoa	10,0	9,0	8,0	7,5	6,0	3,0	2,0	2,0
13	Trần Thành	Lê	9,0	8,5	8,0	6,0	7,5	6,0	5,0	3,0
14	Trần Vũ	Long	10,0	9,0	7,5	7,0	7,0	3,0	2,0	2,0
15	Trần Thị Hồng	Minh	9,5	9,0	8,0	7,0	6,0	2,0	1,0	1,0
16	Phạm Quý	Nhân	10,0	9,0	8,0	7,0	6,0	4,0	3,0	2,0
17	Đào Mạnh	Phú	10,0	9,0	8,0	6,5	5,0	3,0	3,0	1,0
18	Phạm Bá	Quyền	10,0	9,5	8,5	7,0	7,0	3,0	3,0	2,0
19	Phạm Quang	Son	8,0	8,0	3,0	2,5	4,5	4,5	4,5	3,5
20	Đỗ Hùng	Son	10,0	9,0	8,5	7,5	7,0	3,0	2,0	1,0
21	Phạm Văn	Tiền	6,0	5,0	10,0	3,0	4,0	9,0	8,0	7,0
22	Trần Văn	Tình	10,0	7,0	7,0	7,0	6,0	3,0	2,0	1,0
23	Nguyễn Tiến	Tùng	10,0	9,0	7,5	7,0	6,0	3,0	2,0	1,0
24	Tổng Ngọc	Thanh	10,0	9,0	8,0	7,0	6,0	4,0	3,0	2,0
25	Phí Trường	Thành	10,0	8,0	7,5	7,0	6,0	4,0	3,0	1,0
26	Nguyễn Bách	Thảo	9,0	7,0	7,0	6,0	9,0	5,0	3,0	5,0
27	Tạ Thị	Thoảng	9,5	8,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	1,0
28	Hồ Văn	Thủy	9,0	8,0	7,0	7,0	6,0	6,0	3,0	2,0
29	Lê Thị	Thường	10,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	1,0
30	Đặng Trần	Trung	10,0	5,0	8,0	7,0	7,0	7,0	6,0	4,0

Bảng 3. Điểm của các đặc tính của yếu tố lượng mưa

TT	Họ và tên chuyên gia		> 2400 (mm)	> 1950 - 2400 (mm)	> 1500 - 1950 (mm)	≤1500 (mm)
1	Trương Thị Vân	Anh	8,0	6,5	5,5	4,5
2	Đoàn Văn	Cánh	9,0	7,0	5,0	3,0
3	Trần Kim	Châu	9,0	6,0	5,0	4,0
4	Phạm Văn	Doanh	9,0	8,0	7,0	6,0
5	Nguyễn Duy	Dũng	8,0	7,0	6,0	5,0
6	Thân Văn	Đón	9,0	8,0	7,0	6,0
7	Nguyễn Ngọc	Hà	9,0	7,0	7,0	4,0
8	Phạm Thanh	Hải	10,0	7,0	6,0	1,0
9	Hoàng Văn	Hoan	9,0	7,0	7,0	5,0
10	Đỗ Tiến	Hùng	10,0	7,0	4,0	2,0
11	Nghiêm Vân	Khanh	8,0	7,0	5,0	4,0
12	Thị Văn Lê	Khoa	9,0	7,0	5,0	3,0
13	Trần Thành	Lê	10,0	8,0	7,0	6,0
14	Trần Vũ	Long	8,0	7,0	6,0	5,0
15	Trần Thị Hồng	Minh	9,5	7,0	6,5	4,0
16	Phạm Quý	Nhân	10,0	8,0	6,0	4,0
17	Đào Mạnh	Phú	9,0	7,0	4,0	2,0
18	Phạm Bá	Quyền	8,0	6,0	4,0	2,0
19	Phạm Quang	Sơn	9,0	7,0	5,0	3,0
20	Đỗ Hùng	Sơn	9,0	8,0	7,0	3,0
21	Phạm Văn	Tiền	10,0	8,0	6,0	4,0
22	Trần Văn	Tĩnh	9,0	6,0	5,0	3,0
23	Nguyễn Tiến	Tùng	8,0	6,0	6,0	4,0
24	Tổng Ngọc	Thanh	10,0	8,0	6,0	4,0
25	Phí Trường	Thành	9,0	8,0	7,0	6,0
26	Nguyễn Bách	Thảo	10,0	9,0	8,0	7,0
27	Tạ Thị	Thoảng	8,0	6,0	4,0	2,0
28	Hồ Văn	Thủy	9,0	7,0	6,0	5,0
29	Lê Thị	Thường	9,0	7,0	5,0	3,0
30	Đặng Trần	Trung	10,0	9,0	6,0	4,0

Bảng 4. Điểm của các đặc tính của yếu tố sử dụng đất - lớp phủ

TT	Họ và tên chuyên gia		Thủy vực	Lúa	Cây trồng	Rừng	Đất ngập nước	Đất trồng	Đô thị
1	Trương Thị Vân	Anh	8	7	6	5	4	3	2
2	Đoàn Văn	Cánh	9	7	6	7	7	5	2
3	Trần Kim	Châu	7	7	6	6	5	4	3
4	Phạm Văn	Doanh	8	7	6	6	8	5	4
5	Nguyễn Duy	Dũng	8	6,5	5	6,5	4	5	2
6	Thân Văn	Đón	8	7	5	6	5	5	3
7	Nguyễn Ngọc	Hà	7	6,5	6	5,5	4	5	3
8	Phạm Thanh	Hải	1	8	10	5	2	4	2
9	Hoàng Văn	Hoan	7	6,5	6	6	5	4	2
10	Đỗ Tiến	Hùng	9	7	6	6	5	5	2
11	Nghiêm Vân	Khanh	7	7	5	7	4	3	2
12	Thị Văn Lê	Khoa	6	7	6	7	5	4	4
13	Trần Thành	Lê	4	5	7	8	2	6	1
14	Trần Vũ	Long	8	7	6	5,5	4,5	4	3
15	Trần Thị Hồng	Minh	8	6	4	6	5	4	3
16	Phạm Quý	Nhân	9	8	7	7	6	5	3
17	Đào Mạnh	Phú	10	8,5	6	7	5	3	1
18	Phạm Bá	Quyền	8	7	6	5	5	4	3
19	Phạm Quang	Son	8	7	6	5	4	3	1
20	Đỗ Hùng	Son	9	7	6	6	5	5	3
21	Phạm Văn	Tiền	10	8	7	6	5	3	1
22	Trần Văn	Tĩnh	8	7	7	6	6	5	4
23	Nguyễn Tiến	Tùng	9	7	6	7	6	4	3
24	Tổng Ngọc	Thanh	10	8	6	5	5	3	2
25	Phí Trường	Thành	8	7	6	5	4	3	1
26	Nguyễn Bách	Thảo	10	8	6	7	9	8	3
27	Tạ Thị	Thoảng	9	7	5	5	4	3	3
28	Hồ Văn	Thủy	8	8	7	6	5	4	2
29	Lê Thị	Thường	9	7	7	5	5	3	2
30	Đặng Trần	Trung	10	8	8	7	8	5	5

Bảng 5. Điểm của các đặc tính của yếu tố loại đất

TT	Họ và tên chuyên gia		Cát	Đất xám, nâu đỏ	Đất phù sa, phù sa phì nhiều	Sét phì nhiều	Đất xám bạc màu	Đất sét	Đá gốc
1	Trương Thị Vân	Anh	9,5	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0
2	Đoàn Văn	Cánh	10,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0
3	Trần Kim	Châu	9,0	7,0	7,0	4,5	4,0	3,0	2,0
4	Phạm Văn	Doanh	8,0	7,0	7,0	6,0	6,0	5,0	4,0
5	Nguyễn Duy	Dũng	8,0	6,5	6,0	5,0	5,0	4,0	3,0
6	Thân Văn	Đón	9,0	7,5	7,0	5,0	4,0	3,0	2,0
7	Nguyễn Ngọc	Hà	8,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
8	Phạm Thanh	Hải	10,0	6,0	8,0	4,0	5,0	2,0	1,0
9	Hoàng Văn	Hoan	8,5	6,5	6,0	5,5	4,5	4,0	2,0
10	Đỗ Tiến	Hùng	8,0	7,0	7,0	5,0	4,0	3,0	2,0
11	Nghiêm Vân	Khanh	9,0	7,0	7,0	5,0	5,0	4,0	3,0
12	Thị Văn Lê	Khoa	9,0	7,5	5,5	4,0	3,5	3,0	2,0
13	Trần Thành	Lê	9,0	4,0	3,0	1,0	2,0	1,0	3,0
14	Trần Vũ	Long	8,5	7,5	6,5	4,0	4,0	3,0	2,0
15	Trần Thị Hồng	Minh	9,0	7,0	6,5	4,0	4,0	3,5	3,0
16	Phạm Quý	Nhân	10,0	8,0	6,0	4,0	3,0	2,0	2,0
17	Đào Mạnh	Phú	8,0	7,0	7,0	4,0	4,0	3,0	3,0
18	Phạm Bá	Quyền	9,0	7,0	5,0	3,0	3,0	2,0	2,0
19	Phạm Quang	Son	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
20	Đỗ Hùng	Son	8,0	7,0	6,0	4,0	3,0	2,0	1,0
21	Phạm Văn	Tiền	10,0	9,0	8,0	6,0	5,0	3,0	1,0
22	Trần Văn	Tình	8,0	7,0	7,0	5,0	4,0	3,0	2,0
23	Nguyễn Tiến	Tùng	8,0	8,0	7,0	5,0	3,0	2,0	2,0
24	Tổng Ngọc	Thanh	9,0	8,0	7,0	6,0	4,0	3,0	2,0
25	Phí Trường	Thành	9,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0
26	Nguyễn Bách	Thảo	10,0	9,0	8,0	6,0	5,0	3,0	1,0
27	Tạ Thị	Thoảng	10,0	8,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0
28	Hồ Văn	Thủy	9,5	9,0	7,0	5,0	4,0	3,0	2,0
29	Lê Thị	Thường	9,0	7,0	7,0	5,0	4,0	3,0	1,0
30	Đặng Trần	Trung	8,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	2,0

Bảng 6. Điểm của các chỉ số của trầm tích Đệ tứ, đá gốc

TT	Họ và tên chuyên gia		Cát sạn	Sét bột, cát	Sét bột cát bột	Sét cát bột	Sét bột	Đá gốc
1	Trương Thị Vân	Anh	8	7	6	5	2	4
2	Đoàn Văn	Cánh	10	8	6	4	2	1
3	Trần Kim	Châu	9	8	7	6	2	3
4	Phạm Văn	Doanh	8	7	6	5	5	4
5	Nguyễn Duy	Dũng	9	8	8	5	1	1
6	Thân Văn	Đón	9	7	6	5	1	2
7	Nguyễn Ngọc	Hà	9	9	6	6	2	2
8	Phạm Thanh	Hải	10	8	6	4	2	1
9	Hoàng Văn	Hoan	9	8	6	5	1	1
10	Đỗ Tiến	Hùng	9	7	6	5	3	1
11	Nghiêm Vân	Khanh	8	7	6	4	2	2
12	Thị Văn Lê	Khoa	9	8	7	6	1	3
13	Trần Thành	Lê	10	5	4	3	1	4
14	Trần Vũ	Long	9	8	6	6	2	2
15	Trần Thị Hồng	Minh	8,5	7,5	6,5	5,5	3	1
16	Phạm Quý	Nhân	9	8	6	5	2	1
17	Đào Mạnh	Phú	8	8	6	6	2	2
18	Phạm Bá	Quyền	10	8	6	6	1	3
19	Phạm Quang	Son	6	3	2,5	2	1,5	1
20	Đỗ Hùng	Son	8,5	8	7	6	1	3
21	Phạm Văn	Tiền	10	8	7	5	4	2
22	Trần Văn	Tĩnh	9	7,5	6,5	5,5	1	1
23	Nguyễn Tiến	Tùng	8	8	6	5	2	1
24	Tống Ngọc	Thanh	8	8	6	4	2	2
25	Phí Trường	Thành	9	8	7	6	4	2
26	Nguyễn Bách	Thảo	10	9	8	7	5	3
27	Tạ Thị	Thoảng	9	7	6	5	4	3
28	Hồ Văn	Thủy	9	7,5	6	4	3	3
29	Lê Thị	Thường	9	7	5	3	2	1
30	Đặng Trần	Trung	10	8	6	4	2	1

Bảng 7. Điểm của các chỉ số của mực nước dưới đất

TT	Họ và tên chuyên gia		>0 - 3 (m)	>3 - 5 (m)	>5 - 7.5 (m)	> 7.5 - 10 (m)	>10 (m)
1	Trương Thị Vân	Anh	9,0	8,0	3,0	1,0	2,0
2	Đoàn Văn	Cánh	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
3	Trần Kim	Châu	9,0	8,0	7,0	5,0	2,0
4	Phạm Văn	Doanh	10,0	9,0	6,0	4,0	2,0
5	Nguyễn Duy	Dũng	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
6	Thân Văn	Đón	9,0	8,0	7,0	4,0	2,0
7	Nguyễn Ngọc	Hà	10,0	9,0	7,0	4,0	2,0
8	Phạm Thanh	Hải	1,0	4,0	6,0	8,0	10,0
9	Hoàng Văn	Hoan	9,0	8,0	5,0	3,0	1,0
10	Đỗ Tiến	Hùng	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
11	Nghiêm Vân	Khanh	10,0	9,0	7,0	4,0	1,0
12	Thị Văn Lê	Khoa	9,0	8,0	6,0	4,0	2,0
13	Trần Thành	Lê	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
14	Trần Vũ	Long	9,0	7,0	5,0	3,0	1,0
15	Trần Thị Hồng	Minh	9,0	8,0	7,0	3,0	1,0
16	Phạm Quý	Nhân	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
17	Đào Mạnh	Phú	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
18	Phạm Bá	Quyền	9,0	7,0	5,0	4,0	2,0
19	Phạm Quang	Sơn	2,0	3,5	4,5	6,0	8,0
20	Đỗ Hùng	Sơn	9,0	8,0	5,0	4,0	1,0
21	Phạm Văn	Tiền	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
22	Trần Văn	Tĩnh	9,5	9,0	7,0	4,0	2,0
23	Nguyễn Tiến	Tùng	9,0	8,0	6,0	4,0	2,0
24	Tổng Ngọc	Thanh	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
25	Phí Trường	Thành	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
26	Nguyễn Bách	Thảo	10,0	9,0	7,0	5,0	2,0
27	Tạ Thị	Thoảng	9,0	8,0	7,0	5,0	3,0
28	Hồ Văn	Thủy	9,5	8,0	6,0	4,0	2,0
29	Lê Thị	Thường	9,0	7,0	5,0	3,0	2,0
30	Đặng Trần	Trung	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0

Bảng 8. Điểm của các chỉ số của địa hình

TT	Họ và tên chuyên gia		Đồng bằng	Địa hình t.bình	Địa hình cao vừa	Địa hình cao
1	Trương Thị Vân	Anh	9	7	4	2
2	Đoàn Văn	Cánh	8	6	4	1
3	Trần Kim	Châu	9	6	3	1
4	Phạm Văn	Doanh	8	7	6	5
5	Nguyễn Duy	Dũng	8	6	3	1,5
6	Thân Văn	Đón	8	7	3	1
7	Nguyễn Ngọc	Hà	8	5	3	1
8	Phạm Thanh	Hải	10	7	4	4
9	Hoàng Văn	Hoan	8	7	3	1
10	Đỗ Tiến	Hùng	8	7	3	1
11	Nghiêm Vân	Khanh	8	5	3	1
12	Thi Văn Lê	Khoa	8	5	3	1
13	Trần Thành	Lê	8	7	3	1
14	Trần Vũ	Long	10	8	3	1
15	Trần Thị Hồng	Minh	9	8	3	2
16	Phạm Quý	Nhân	10	8	3	1
17	Đào Mạnh	Phú	9	6	3	1
18	Phạm Bá	Quyền	9	8	3	1
19	Phạm Quang	Sơn	8	5	3	1
20	Đỗ Hùng	Sơn	7	5	3	1
21	Phạm Văn	Tiến	3	5	7	9
22	Trần Văn	Tĩnh	9	7	3	1
23	Nguyễn Tiến	Tùng	8	7	3	2
24	Tổng Ngọc	Thanh	9	7	3	1
25	Phí Trường	Thành	9	7	3	1
26	Nguyễn Bách	Thảo	10	8	6	5
27	Tạ Thị	Thoảng	10	7	4	1
28	Hồ Văn	Thủy	9	7	4	1
29	Lê Thị	Thường	9	7	5	3
30	Đặng Trần	Trung	10	8	6	4

Bảng 9. Điểm của các chỉ số của độ dốc

TT	Họ và tên chuyên gia		0.00 - 5.00 (%)	> 5 - 9 (%)	>9 - 15 (%)	>15 - 30 (%)	> 30 (%)
1	Trương Thị Vân	Anh	9,5	7,0	7,0	5,0	3,0
2	Đoàn Văn	Cánh	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
3	Trần Kim	Châu	9,0	7,0	6,0	4,0	2,0
4	Phạm Văn	Doanh	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0
5	Nguyễn Duy	Dũng	9,0	7,0	8,0	4,0	1,0
6	Thân Văn	Đón	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
7	Nguyễn Ngọc	Hà	9,0	8,0	6,0	2,0	2,0
8	Phạm Thanh	Hải	10,0	8,0	6,0	3,0	1,0
9	Hoàng Văn	Hoan	9,0	7,0	6,0	4,0	2,0
10	Đỗ Tiến	Hùng	10,0	8,0	6,0	4,0	1,0
11	Nghiêm Văn	Khanh	9,5	6,5	4,5	3,0	1,0
12	Thị Văn Lê	Khoa	9,0	6,0	5,0	4,0	3,0
13	Trần Thành	Lê	7,0	5,0	4,0	3,0	2,0
14	Trần Vũ	Long	9,0	7,0	6,0	4,0	1,0
15	Trần Thị Hồng	Minh	7,0	5,0	4,0	3,0	1,0
16	Phạm Quý	Nhân	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
17	Đào Mạnh	Phú	9,0	7,0	6,0	4,0	1,0
18	Phạm Bá	Quyền	9,5	7,0	6,5	4,0	2,0
19	Phạm Quang	Son	7,0	5,0	4,0	3,5	1,5
20	Đỗ Hùng	Son	8,5	6,5	6,5	4,0	2,0
21	Phạm Văn	Tiền	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
22	Trần Văn	Tình	7,0	5,0	4,0	3,0	2,0
23	Nguyễn Tiến	Tùng	9,0	7,0	6,0	4,0	2,0
24	Tổng Ngọc	Thanh	10,0	9,0	8,0	7,0	5,0
25	Phí Trường	Thành	9,0	7,0	5,0	3,0	2,0
26	Nguyễn Bách	Thảo	10,0	9,0	8,0	7,0	5,0
27	Tạ Thị	Thoảng	9,0	7,0	7,0	5,0	3,0
28	Hồ Văn	Thủy	9,0	7,0	6,0	4,0	2,0
29	Lê Thị	Thường	9,0	7,0	5,0	3,0	1,0
30	Đặng Trần	Trung	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0



Bảng 10. Điểm của các chỉ số của sông suối

TT	Họ và tên chuyên gia		> 1,0 - 1,40 (%)	> 0,75 - 1,00 (%)	> 0,5 - 0,75 (%)	> 0,25 - 0,5 (%)	0,00 - 0,25 (%)
1	Trương Thị Vân	Anh	7	7	6	4	2
2	Đoàn Văn	Cánh	8	6	4	3	1
3	Trần Kim	Châu	8	7	5	3	2
4	Phạm Văn	Doanh	8	7	6	5	4
5	Nguyễn Duy	Dũng	8	7	5	3	2
6	Thân Văn	Đón	8	6,5	6	4	2
7	Nguyễn Ngọc	Hà	9	7	7	4	1
8	Phạm Thanh	Hải	10	7	5	3	1
9	Hoàng Văn	Hoan	8	7	5	3	1
10	Đỗ Tiến	Hùng	9	7	4	4	2
11	Nghiêm Văn	Khanh	8,5	7	5,5	4	1,5
12	Thị Văn Lê	Khoa	7	7	6	3	1
13	Trần Thành	Lê	6	4	3	2	2
14	Trần Vũ	Long	7	7	5	5	3
15	Trần Thị Hồng	Minh	7	7	5,5	4,5	3,5
16	Phạm Quý	Nhân	8	7	6	4	2
17	Đào Mạnh	Phú	7	7	6	4	2
18	Phạm Bá	Quyền	7,5	6,5	6	4,5	2,5
19	Phạm Quang	Son	8	5	4	3	1,5
20	Đỗ Hùng	Son	6	6	5	4	2
21	Phạm Văn	Tiền	10	8	6	3	1
22	Trần Văn	Tĩnh	8	7	5,5	4,5	2,5
23	Nguyễn Tiến	Tùng	8,5	7	5	3,5	1,5
24	Tổng Ngọc	Thanh	10	8	6	5	3
25	Phí Trường	Thành	8	6	5	4	1
26	Nguyễn Bách	Thảo	10	9	8	7	5
27	Tạ Thị	Thoảng	8	7	6	5	4
28	Hồ Văn	Thủy	9	7	6	4	2
29	Lê Thị	Thường	9	7	5	3	1
30	Đặng Trần	Trung	10	8	6	4	2