

# ĐỀ XUẤT CÁC MÔ HÌNH, GIẢI PHÁP CÔNG NGHỆ KHAI THÁC BỀN VỮNG NƯỚC KARST PHỤC VỤ SINH HOẠT Ở CÁC VÙNG NÚI KHAN HIẾM NƯỚC PHÍA BẮC

Nguyễn Tiếp Tân

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Đỗ Hùng Sơn

Công ty Cổ phần Tư vấn dịch vụ Tài nguyên nước và Biến đổi khí hậu miền Bắc

**Tóm tắt:** Vùng núi khan hiếm nước gồm 95 xã thuộc 14 tỉnh miền núi phía Bắc là khu vực phân bố chủ yếu các thành tạo Carbonat dễ tạo thành hệ thống karst có điều kiện thấm và chứa nước tốt. Tuy nhiên, do có địa hình cao, phân cắt mạnh làm cho khả năng trữ nước kém, nước bị thoát rất nhanh theo hệ thống khe nứt, hang hốc karst ra mạng lưới xâm thực địa phương tạo nên sự khan hiếm nước, gây khó khăn cho đời sống của nhân dân. Nhiều giải pháp khai thác nước phục vụ sinh hoạt đã được áp dụng và đã mang lại hiệu quả nhất định, giải quyết những khó khăn trong cuộc sống thường ngày của người dân. Tuy nhiên, do những tác động của quá trình phát triển kinh tế xã hội, tác động của biến đổi khí hậu, do công tác vận hành, quản lý chưa phù hợp... nên các giải pháp, mô hình cấp nước hiện nay chưa đảm bảo tính bền vững, dẫn đến tình trạng thiếu nước sinh hoạt. Để khắc phục tình trạng trên nhóm nghiên cứu đề xuất áp dụng 7 mô hình với 28 giải pháp khai thác nước Karst phục vụ sinh hoạt cho người dân ở các vùng núi khan hiếm nước phía Bắc sẽ có tính bền vững hơn.

**Từ khoá:** Nước karst, vùng núi khan hiếm nước, mô hình khai thác, giải pháp khai thác

**Summary:** The water-scarce mountainous region includes 95 communes in 14 northern mountainous provinces, an area mainly distributed with Carbonate formations that easily form karst systems with water infiltration and storage conditions. However, due to the high terrain and strong fragmentation, water storage capacity is poor, water drains very quickly through the system of cracks and karst caves into the local erosion network, creating water scarcity, causing difficulties for people's lives. Many water exploitation solutions for daily life have been applied and have brought certain effectiveness, solving difficulties in people's daily lives. However, due to the impacts of socio-economic development, the impact of climate change, inappropriate operation and management,... current water supply solutions and models do not ensure sustainability, leading to a shortage of domestic water. To overcome the above situation, the research team proposed to apply 7 models with 28 solutions to exploit Karst water to serve the daily needs of people in the water-scarce Northern mountainous areas, which will be more sustainable.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, mô hình, công nghệ khai thác, bảo vệ và phát triển bền vững nguồn nước ở vùng karst nói chung và karst ở vùng cao nói

riêng vẫn đang là vấn đề thách thức đối với các nhà khoa học và quản lý. Lý do khan hiếm nước ở đây là: (1) trong vùng không có tiềm năng về nguồn nước, (2) có khả năng về nguồn nhưng điều kiện khai thác rất khó khăn và phức tạp. Tùy thuộc vào khả năng của mỗi quốc gia mà mô hình, công nghệ khai thác và bảo vệ phát triển bền vững nguồn nước karst sẽ khác nhau.

Ngày nhận bài: 09/5/2024

Ngày thông qua phản biện: 17/6/2024

Ngày duyệt đăng: 02/8/2024

Ở nước ta, khu vực miền núi phía Bắc phổ biến các thành tạo cacbonat, địa hình phân cắt mạnh, rất khó khăn về nguồn nước cung cấp cho sinh hoạt, đặc biệt về mùa khô. Do đó, việc đánh giá được thực trạng và hiệu quả hoạt động của các mô hình, giải pháp khai thác nước dưới đất (NDĐ), xác định tiềm năng các nguồn nước Karst tại các vùng núi khan hiếm nước phía Bắc, để từ đó đề xuất được các mô hình, giải pháp công nghệ khai thác và bảo vệ hợp lý sẽ rất có ý nghĩa.

## 2. KHU VỰC NGHIÊN CỨU

Khu vực nghiên cứu gồm 95 xã thuộc 14 tỉnh miền núi phía Bắc: Cao Bằng, Bắc Cạn, Thái Nguyên, Bắc Giang, Lạng Sơn, Phú Thọ, Tuyên Quang, Hà Giang, Hòa Bình, Lào Cai, Yên Bái, Lai Châu, Điện Biên, Sơn La (hình 1) thuộc vùng núi cao, khan hiếm nước phía Bắc được cấu tạo chủ yếu bởi các đá cacbonat. Địa hình rất hiểm trở, phân cắt mạnh có độ cao biến đổi từ 5 m đến 3.143 m. Hưởng chủ đạo của địa hình ở phía Đông Bắc là vòng cung quay chiều cong về phía Đông, Đông Nam, còn phía Tây Bắc là TB-ĐN. Khu vực nghiên cứu có khí hậu cận nhiệt đới ẩm. Mùa nóng trùng với mùa mưa kéo dài từ tháng 4 đến tháng 10. Mùa lạnh trùng với mùa khô kéo dài từ tháng 11 đến tháng 3 năm sau. Về lượng mưa, phong phú nhất là khu vực trung tâm Việt Bắc - Hoàng Liên Sơn với lượng mưa bình quân hàng năm 1.800÷2.400mm, vùng Tây Bắc khoảng 1.800÷2.000mm, vùng Đông Bắc ít hơn, khoảng 1.400÷1.600mm. Toàn vùng có đặc điểm chung là lượng mưa tập trung chủ yếu vào mùa mưa chiếm 69÷91% lượng mưa cả năm.

Vùng nghiên cứu có tổng dân số khoảng 12 triệu, trong đó 95 xã thuộc vùng núi khan hiếm nước có khoảng 273.000 người, phân bố rải rác với mật độ thấp với trên 40 dân tộc anh em có trình độ phát triển và phong tục tập quán khác nhau. Dân cư chủ yếu ở nông thôn sống phân tán trong các thôn bản, mỗi bản chỉ có

một từ vài hộ đến vài chục hộ, nhiều nhất đến 50-100 hộ như dân tộc Các hộ thường ở cách nhau khá xa, các bản cách nhau hàng chục km, gây khó khăn rất lớn cho việc cấp nước.



Hình 1: Sơ đồ khu vực nghiên cứu

Theo các kết quả nghiên cứu [1,2], vùng nghiên cứu có 33 tầng chứa nước (TCN) được phân thành 3 dạng tồn tại chính là: Nước lỗ hổng (3 TCN), nước khe nứt (25 TCN) và nước khe nứt - karst (5 TCN). Các thành tạo cacbonat phổ biến ở Cao Bằng, Hà Giang, Lạng Sơn, Thái Nguyên, Bắc Cạn, Lào Cai và rải rác ở các tỉnh còn lại. Chúng gặp trong nhiều hệ tầng khác nhau, phổ biến hơn cả là hệ tầng Bắc Sơn (C-Pbs). Ngoài ra, còn gặp ở hệ tầng Cambri Cam Đường, Hà Giang, Phú Ngừ ( $O_3-S_{1pn}$ ), Mia lé ( $D_2 ml$ ), Phia Phương ( $D_{1pp}$ ), Nà Quảng ( $D_{1-2nq}$ ), Tràng Kênh ( $D_{2tk}$ ), Bản Páp ( $D_{2bp}$ ), Bản Nguồn ( $D_{2bn}$ ), Tam Hoa ( $D_{2th}$ ) và  $T_{1th}$ , Lạng Sơn ( $T_{1ls}$ ), Hồng Ngài ( $T_{1hn}$ )... phân bố trong các đới cấu trúc địa chất khác nhau như: Hạ Lang, Sông Hiến, Sông Lô, Sông Gâm, Hoàng Liên Sơn... Chiều sâu phân bố nước karst rất khác nhau: vùng Bắc Sơn - Lạng Sơn đạt 100m, vùng Cao Bằng khoảng 80m, ở Quản Bạ - Hà Giang có thể gặp ở độ sâu 18 - 25m, sâu nhất đến 80m. Vùng Đồng Văn, Mèo Vạc, tỉnh Hà Giang nước karst phân bố thành các dòng gian tầng, chiều sâu phân bố đạt tới mức xâm thực địa phương của sông Nho Quế (500 - 700m). Về chất lượng, nước karst nhìn chung

tốt, nước nhạt, độ tổng khoáng hóa (M) thường 0,25 - 0,4g/l.

### 3. CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này được thực hiện trên cơ sở áp dụng tổ hợp các phương pháp như sau: (1) Thu thập tài liệu và kế thừa, (2) Điều tra địa chất thủy văn thực địa, (3) Điều tra xã hội học, (4) Phân tích ảnh viễn thám, (5) Địa mạo và trắc lượng hình thái, (6) Đo thủy văn, (7) Phương pháp giải tích, (8) Chồng chập bản đồ, (9) Phân tích chi phí lợi ích, (10) Lấy và phân tích mẫu, (11) Tham vấn chuyên gia.

### 4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

#### 4.1. Hiện trạng các mô hình và giải pháp cấp nước Karst ở vùng núi khan hiếm nước phía Bắc

Theo các kết quả nghiên cứu [3], vùng nghiên cứu có 32.500 công trình cấp nước có các loại hình và giải pháp khai thác như tổng hợp ở bảng 1, tình trạng hoạt động hiện nay tổng hợp ở bảng 2. Bảng 1 cho thấy vùng nghiên cứu nguồn khai thác chủ yếu từ NĐĐ với tổng số 32.254 công trình, chiếm hơn 99% chứng tỏ nguồn NĐĐ đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp nước sinh hoạt. Có 7 mô hình khai thác: Lỗ khoan, giếng đào, mạch lộ, hang động, hồ treo, khe suối và nước mưa. Trong đó, khai thác từ giếng đào có 23.309 công trình, chiếm gần 94%, tiếp đến là mô hình khai thác nước từ lỗ khoan và mạch lộ, thấp nhất là mô hình thu hứng nước mưa từ mái nhà.

**Bảng 1: Tổng hợp mô hình khai thác**

TT	Tỉnh	Giếng khoan	Giếng đào	Mạch lộ	Hang động	Hồ treo	Khe suối	Hứng nước mưa
1	Cao Bằng	22	0	80	2	14	0	1
2	Bắc Kạn	1	6	40	0	0	16	0
3	Thái Nguyên	1.238	2.520	4	0	0	7	0
4	Bắc Giang	4.044	2.253	0	0	0	8	0
5	Lạng Sơn	1.112	2.767	77	5	0	0	0
6	Phú Thọ	1.028	4.340	1	0	0	10	0
7	Tuyên Quang	904	5.139	5	0	0	23	0
8	Hà Giang	1	0	34	3	8	3	3
9	Hòa Bình	12	2.236	19	1	0	1	0
10	Lào Cai	2	700	9	0	0	24	0
11	Yên Bái	140	2.090	58	0	0	9	0
12	Lai Châu	6	1.127	34	0	0	27	0
13	Điện Biên	0	0	11	4	0	85	3
14	Sơn La	30	130	15	1	0	8	0
<b>Tổng</b>		<b>8.540</b>	<b>23.309</b>	<b>387</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>218</b>	<b>7</b>
<b>Tỷ lệ (%)</b>		<b>3,44</b>	<b>93,93</b>	<b>1,56</b>	<b>0,07</b>	<b>0,09</b>	<b>0,88</b>	<b>0,03</b>

**Bảng 2. Hiện trạng hoạt động của các mô hình khai thác**

STT	Mô hình khai thác	Số lượng	Tình trạng hoạt động			Tỷ lệ (%)		
			Hoạt động tốt	Xuống cấp	Hỏng	Hoạt động tốt	Xuống cấp	Hỏng

STT	Mô hình khai thác	Số lượng	Tình trạng hoạt động			Tỷ lệ (%)		
			Hoạt động tốt	Xuống cấp	Hỏng	Hoạt động tốt	Xuống cấp	Hỏng
1	Mạch lộ	387	253	87	47	65,4	22,5	12,1
2	Giếng đào	23.309	16.944	4.183	2.182	72,7	17,9	9,4
3	Lỗ khoan	8.540	6.124	1.547	869	71,7	18,1	10,2
4	Khe suối	2108	81	64	73	37,2	29,4	33,4
5	Hang động	18	9	6	3	50,0	33,3	16,7
6	Hồ treo	22	15	5	2	68,2	22,7	9,1
7	Hứng nước mưa	7	2	3	2	28,6	42,8	28,6

Bảng 2 trên đây cho thấy các mô hình khai thác mạch lộ, lỗ khoan và giếng đào có hiệu suất cao hơn cả do nguồn nước ổn định hơn, khai thác khe suối, hang động, hứng nước mưa có hiệu quả thấp do nguồn không ổn định.

Có thể nhận định về nguyên nhân suy thoái công trình khai thác như sau:

- Việc thiết kế, thi công chưa tính hết ảnh hưởng của điều kiện tự nhiên, địa lý của từng vùng.
- Hầu hết chỉ có kinh phí đầu tư mà thiếu kinh phí vận hành bảo dưỡng.
- Nhiều công trình bị xuống cấp do không được bảo vệ.
- Một số công trình do điều kiện khai thác không phù hợp.
- Một số công trình có nguồn nước không ổn định.
- Hầu hết các công trình thường xuyên bị mất điện hoặc điện áp không đủ.
- Nhiều công trình không được sửa chữa các hư hỏng kịp thời.

#### 4.2. Các nhân tố ảnh hưởng tới các mô hình, giải pháp khai thác nước

Có thể đưa ra hai nhóm nguyên nhân khiến mô hình, giải pháp khai thác nước Karst bị suy thoái, suy giảm về khả năng khai thác như sau:

*Nhóm nguyên nhân thứ nhất* bao gồm các yếu tố khách quan và chủ quan ảnh hưởng trực tiếp đến công trình khai thác. Các yếu tố khách

quan chủ yếu là thời tiết thay đổi bất thường gây phá hủy, ăn mòn công trình, mưa lũ gây xói mòn làm lộ đường ống dẫn khiến chúng dễ bị rò rỉ, dập vỡ. Kết quả khảo sát cho thấy, tỷ lệ hỏng đường ống dẫn nước do yếu tố này chiếm khoảng 5-10%. Các yếu tố chủ quan là do con người bao gồm 2 vấn đề: Ý thức tự giác của người dân sử dụng nước và Việc quản lý các mô hình khai thác.

*Nhóm nguyên nhân thứ hai* là các yếu tố ảnh hưởng đến trữ lượng nguồn nước, có thể do: (1) Biến đổi khí hậu; (2) Chặt phá rừng đầu nguồn làm mất nguồn cấp và (3) Nhu cầu sử dụng nước ngày một tăng lên. Còn ảnh hưởng đến sự suy giảm chất lượng nước, có thể do: (1) Chưa bảo vệ được khu vực nguồn cấp, khu vực thu gom nước, đường ống dẫn nước; (2) Sự gia tăng về dân số và các hoạt động sản xuất kéo theo lượng chất thải tăng cao gây ô nhiễm.

#### 4.3. Đề xuất các mô hình, giải pháp công nghệ khai thác bền vững nước Karst

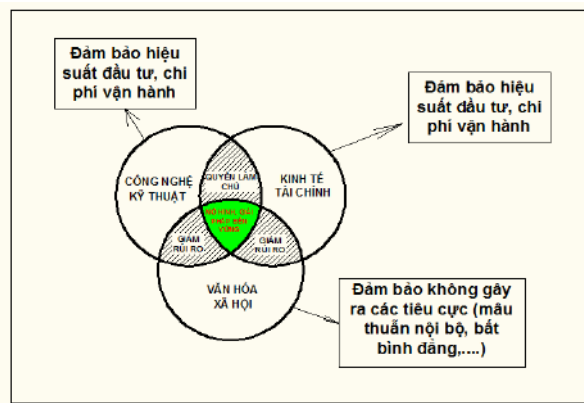
##### 4.3.1. Cơ sở khoa học

Theo Galen (2008), sự hình thành và tồn tại của mỗi giải pháp khai thác, sử dụng nước được đặt trong một môi trường bị tác động bởi nhóm các nhân tố: văn hóa - xã hội, kinh tế, điều kiện tự nhiên, đặc điểm kỹ thuật, công nghệ khai thác và chính sách của Nhà nước, trong đó các nhân tố văn hóa - xã hội, điều kiện tự nhiên, trình độ khoa học công nghệ và



kinh tế tạo thành môi trường tác động trực tiếp và quyết định đến sự bền vững của công trình khai thác. Sự tồn tại của mỗi công trình khai thác còn ảnh hưởng bởi sự tương tác qua lại với các bên liên quan gồm: Cơ quan tạo cơ chế chính sách và định hướng phát triển, Nhà cung cấp vật tư, thiết bị và khoa học công nghệ; Nhà đầu tư và Người sử dụng nước.

Theo cách tiếp cận của Madeleen Wegelin-Schuringa, giải pháp khai thác sử dụng bền vững nguồn nước đảm bảo 4 yếu tố về điều kiện tự nhiên, kinh tế xã hội, kỹ thuật công nghệ và cơ chế chính sách. Các tác giả đã xác định cụ thể các nhân tố trong từng nhóm tác động đến hiệu quả bền vững của công trình. Đây là cơ sở để các nhà quản lý, đầu tư xây dựng, sử dụng nước đạt hiệu quả và phát triển bền vững, đó là phần giao thoa của bền vững về mặt văn hóa - xã hội, bền vững về mặt kỹ thuật và bền vững về mặt kinh tế tài chính (hình 2).



Hình 2: Sơ đồ giải pháp khai thác sử dụng bền vững nguồn nước theo cách tiếp cận của Madeleen Wegelin-Schuringa

4.3.2. Đề xuất tiêu chí

Xuất phát từ các cơ sở khoa học và thực tiễn của vùng nghiên cứu, các tác giả cho rằng, việc lựa chọn mô hình, giải pháp công nghệ khai thác sử dụng nước karst vùng núi khan hiếm nước cần xem xét một cách tổng thể trong mối quan hệ chặt chẽ giữa các yếu tố

nguồn nước với các điều kiện văn hóa xã hội với kinh tế tài chính và kỹ thuật công nghệ. Như vậy, có thể coi chỉ số bền vững của mô hình khai thác, sử dụng nước karst là một hàm của nhiều biến, trong đó tập trung hơn cả vào 5 biến: nguồn nước, điều kiện khai thác, văn hóa - xã hội, kinh tế tài chính và Kỹ thuật công nghệ, mà có thể mô phỏng dưới dạng toán học như sau:

$$BV = f(NN, ĐKKT, XH, KT, CN).$$

Trong đó: BV - chỉ số bền vững của mô hình khai thác sử dụng nước;

NN - chỉ số về nguồn nước;

ĐKKT – chỉ số về điều kiện khai thác;

XH - chỉ số về văn hóa - xã hội;

KT - chỉ số về kinh tế tài chính;

CN - chỉ số về kỹ thuật công nghệ.

Để xác định chỉ số bền vững của mô hình, giải pháp công nghệ khai thác nước bền vững, thường có 2 cách chính: theo tích số và theo tổng số các biến.

Trong nghiên cứu này các tác giả lựa chọn cách đánh giá mức độ bền vững của mô hình, giải pháp công nghệ khai thác nước karst vùng núi khan hiếm nước theo cách tính tổng, theo công thức sau:

$$BV = Vnn * Wnn + Vđkkt * Wđkkt + Vcn * Wcn + Vxh * Wxh + Vkt * Wkt$$

Trong đó: Vnn - giá trị bền vững về nguồn nước, Vđkkt - giá trị bền vững về điều kiện khai thác, Vcn - giá trị bền vững về kỹ thuật công nghệ, Vxh- giá trị bền vững về văn hoá xã hội, Vkt - giá trị bền vững về kinh tế - tài chính. Wnn, Wđkkt, Wxh, Wkt và Wcn là trọng số của các tiêu chí tương ứng. Trong đó yếu tố nguồn nước đóng vai trò quan trọng số 1, các yếu tố còn lại có tầm quan trọng tiếp theo được đề nghị xác định trọng số như sau: Wnn = 5; Wđkkt= 3; Wcn = 3, Wkt = 1 và Wxh= 1.

Tổng hợp tính toán trọng số của 5 tiêu chí ở vùng nghiên cứu cho thấy điểm cao nhất 117, thấp nhất là 13. Do đó đề xuất phân chia mức độ bền vững cho các mô hình, giải pháp khai thác như sau: bền vững có giá trị từ 90 đến 117, bền vững trung bình có giá trị từ 55 đến 90 và kém bền vững có giá trị từ 13 đến 55 điểm.

#### 4.4. Đề xuất các mô hình, giải pháp công nghệ khai thác nước Karst phục vụ sinh hoạt ở vùng núi khan hiếm nước phía Bắc

##### 4.4.1. Đề xuất mô hình khai thác nguồn nước Karst

Điều kiện thực tế của vùng nghiên cứu cho thấy, trong 7 mô hình khai thác nước Karst thì gần như không có mô hình nào xếp vào loại bền vững, mô hình khai thác nước mạch lộ, giếng đào, lỗ khoan chỉ bền vững có điều kiện, các loại mô hình khác xếp vào loại kém

bền vững. Mô hình khai thác nước từ mạch lộ được đề xuất ưu tiên ở các xã thuộc tỉnh Cao Bằng, Sơn La, Lai Châu; mô hình khai thác nước từ lỗ khoan, lỗ đào tập trung ở các xã thuộc tỉnh Lạng Sơn, Phú Thọ, Tuyên Quang, Bắc Giang; mô hình khai thác nước từ khe suối tập trung ở các xã thuộc tỉnh Thái Nguyên, Lào Cai, Điện Biên; mô hình khai thác nước từ hồ treo tập trung ở Cao Bằng, Hà Giang; hai mô hình còn lại ít được đề xuất do điểm đánh giá khá thấp.

##### 4.4.2. Đề xuất giải pháp công nghệ áp dụng cho các mô hình khai thác

Từ kết quả nghiên cứu đề xuất 7 mô hình với 28 giải pháp công nghệ khai thác nước karst áp dụng cho vùng núi khan hiếm nước phía Bắc như bảng 3.

**Bảng 3: Các giải pháp khai thác nước Karst vùng núi khan hiếm nước phía Bắc**

STT	Giải pháp áp dụng cho mỗi loại mô hình	Ký hiệu
<i>I</i>	<i>Khai thác nước karst bằng mạch lộ</i>	
1.1	Dùng tấm chắn thu các mạch nước karst bằng ống nhựa PVC.	A
1.2	Xây dựng hào thu, giữ các mạch nước karst → Hệ thống đường ống dẫn → Bể chứa của hộ gia đình (vị trí cao hơn khu dân cư).	B
1.3	Xây dựng hào thu, giữ các mạch nước karst → Bơm nước lên bể chứa → Hệ thống đường ống dẫn → Bể chứa của hộ gia đình (vị trí thấp hơn khu dân cư)..	C
1.4	Dùng băng thu các mạch nước karst .	D
1.5	Xây tường chắn để thu, giữ các mạch nước karst → Hệ thống đường ống dẫn → Bể chứa của hộ gia đình (vị trí cao hơn khu dân cư)..	E
1.6	Xây tường chắn để thu, giữ các mạch nước karst → Bơm nước lên bể chứa → Hệ thống đường ống dẫn → Bể chứa của hộ gia đình (vị trí thấp hơn khu dân cư)..	F
1.7	Xây đập tràn để dâng và giữ các mạch nước karst. → Hệ thống đường ống dẫn → Bể chứa của hộ gia đình (vị trí cao hơn khu dân cư)..	g
1.8	Xây đập tràn để dâng và giữ các mạch nước karst. → Bơm nước lên bể chứa → Hệ thống đường ống dẫn → Bể chứa của hộ gia đình (vị trí thấp hơn khu dân cư)..	h
1.9	Xây đập ngầm để dâng và giữ các mạch nước karst → Hệ thống đường ống dẫn → Bể chứa của hộ gia đình (vị trí cao hơn khu dân cư)..	i
1.10	Xây đập ngầm để dâng và giữ các mạch nước karst → Bơm nước lên bể chứa → Hệ thống đường ống dẫn → Bể chứa của hộ gia đình (vị trí thấp	j

STT	Giải pháp áp dụng cho mỗi loại mô hình	Ký hiệu
	hơn khu dân cư)..	
1.11	Xây dựng bể thu nước → Bơm nước lên bể chứa → Hệ thống đường ống dẫn → Bể chứa của hộ gia đình	k
<b>2</b>	<b><i>Khai thác nước karst ngầm bằng giếng đào</i></b>	
2.1	Đào giếng để khai thác các mạch nước karst ngầm và lấy nước bằng cách mức nước thủ công.	a
2.2	Đào giếng để khai thác các mạch nước karst ngầm và lấy nước bằng cách dùng bơm hút nước karst sử dụng điện lưới.	b
2.3	Đào giếng để khai thác các mạch nước karst ngầm và lấy nước bằng cách dùng bơm hút nước karst sử dụng điện năng lượng mặt trời.	c
<b>3</b>	<b><i>Khai thác nước karst bằng lỗ khoan</i></b>	
3.1	Khai thác nước karst bằng lỗ khoan đứng	a
3.2	Khai thác nước karst ngầm bằng giếng khoan ngang	b
<b>4</b>	<b><i>Khai thác nước karst bằng Hồ treo</i></b>	
4.1	Xây dựng các hồ treo, bể chứa, hào chứa để đơm và lưu giữ các mạch nước karst được xuất lộ từ các sườn.	a
4.2	Xây dựng hồ đáy van để đơm và lưu giữ các dòng, mạch nước karst.	b
<b>5</b>	<b><i>Khai thác nước karst từ hang động</i></b>	
5.1	Khoan giếng nghiêng vào hang karst.	a
5.2	Khoan giếng ngang vào hang karst.	b
5.3	Bơm hút nước trực tiếp nước karst bằng máy bơm sử dụng điện lưới.	c
5.4	Bơm hút nước trực tiếp nước karst bằng máy bơm sử dụng điện năng lượng mặt trời.	d
5.5	Dùng bơm thủy luân để bơm khai thác nước karst.	e
5.6	Xây dựng các đập nhỏ trong hang karst để lưu giữ, chặn dòng.	f
<b>6</b>	<b><i>Khai thác nước karst từ khe suối</i></b>	
6.1	Xây dựng đập dâng nước → dẫn nước tự chảy vào bể chứa → Hệ thống đường ống dẫn → Bể chứa từng hộ gia đình (vị trí cao hơn khu dân cư).	a
6.2	Xây dựng đập dâng nước → Bơm nước vào bể chứa bằng điện lưới → Hệ thống đường ống dẫn → Bể chứa từng hộ gia đình (vị trí thấp hơn khu dân cư).	b
6.3	Xây dựng đập ngăn, dâng nước → Bơm nước vào bể chứa bằng năng lượng mặt trời → Hệ thống đường ống dẫn → Bể chứa từng hộ gia đình.	c
<b>7</b>	<b><i>Mô hình thu hứng nước mưa</i></b>	
7.1	Hứng nước mưa từ mái nhà → Chứa trong bể, chum, vại ...	a

Các mô hình, giải pháp công nghệ khai thác cho 95 xã trong vùng nghiên cứu tổng hợp thống kê ở bảng 4.

**Bảng 4: Mô hình, giải pháp công nghệ khai thác nước karst tại 95 xã vùng nghiên cứu**

STT	Xã	Huyện	Mô hình, giải pháp khai thác nước						
			Mạch lộ	Giếng đào	Lỗ khoan	Hang động	Hồ treo	Khe suối	hình g nước mưa
<b>1</b>	<b>Lai Châu</b>								
1	Đào San	Phong Thổ	1a,e,f	-	-	-	-	-	-
2	Mù Sang	Phong Thổ	1a,e,f	-	-	-	-	2b,c	-
3	Bình Lư	Tam Đường	2a	1c,a	-	-	-	-	-
4	Mường Khoa	Tân Uyên	-	2c,a	-	-	-	1b,c	-
5	Hố Mít	Tân Uyên	2a	-	-	-	-	1b,c	-
<b>2</b>	<b>Điện Biên</b>								
1	Mường Báng	Tủa Chùa	1a	-	-	-	-	2a,b	-
2	Xã Nhè	Tủa Chùa	2a	-	-	-	-	1a,b	-
3	Sín Chải	Tủa Chùa	-	-	-	-	-	1a,b	2a
4	Tủa Thàng	Tủa Chùa	-	-	-	2c,e,f	-	1a,b	-
5	Sính Phình	Tủa Chùa	-	-	-	-	-	1a,b	-
6	Chung Chải	Mường Nhé	-	-	-	-	-	1a,b	-
7	Leng Su Sìn	Mường Nhé	-	-	-	-	-	1a,b	-
<b>3</b>	<b>Sơn La</b>								
1	Chiềng Tương	Yên Châu	1a,d	-	-	-	-	-	2a
2	Tô Múa	Vân Hồ	1a,d	-	2b	-	-	-	-
3	Mường Lựm	Yên Châu	1a,d	-	-	2c,e,f	-	-	-
4	Tông Lạnh	Thuận Châu	1a,d	-	2b	-	-	-	-
<b>4</b>	<b>Hòa Bình</b>								
1	Vĩnh Tiến	Kim Bôi	-	2b	1a,b	-	-	-	-
2	Bảo Hiệu	Yên Thủy	-	1b	2a,b	-	-	-	-
3	Tú Sơn	Kim Bôi	2i,j,k	-	1a,b	-	-	-	-
<b>5</b>	<b>Lào Cai</b>								
1	Bản Sen	Mường Khương	2a,e,f	1c	-	-	-	-	-
2	Tả Thàng	Mường Khương	-	-	-	-	-	1c	-
3	Lùng Cải	Bắc Hà	-	-	-	-	-	1c	-
4	Tả Củ Tỷ	Bắc hà	-	-	-	-	-	1c	-



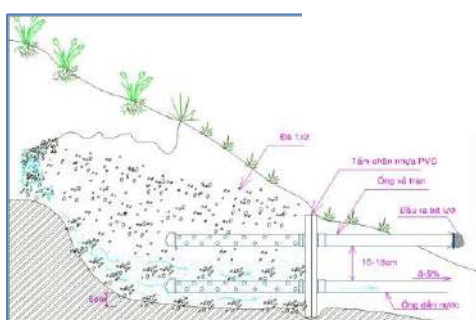
STT	Xã	Huyện	Mô hình, giải pháp khai thác nước						
			Mạch lộ	Giếng đào	Lỗ khoan	Hang động	Hồ treo	Khe suối	hứn g nước mưa
5	Lầu Thí Ngòi	Bắc Hà	-	-	-	-	-	1c	-
<b>6</b>	<b>Yên Bái</b>								
1	Cát Thịnh	Văn Chấn	1b,c,d	-	-	-	-	2a,c	-
2	Vĩnh Lạc, Khánh Hòa	Lục Yên	2b,c,d	-	1a,b	-	-	-	-
<b>7</b>	<b>Phú Thọ</b>								
1	Đông Lạc	Yên Lập	-	1b	2a	-	-	-	-
2	Ngọc Đông	Yên Lập	-	1b	2a	-	-	-	-
3	Minh Hòa	Yên Lập	-	1b	2a	-	-	-	-
4	Đông Sơn	Tân Sơn	-	1b	-	-	-	2b	-
5	Thạch Kiệt	Tân Sơn	-	2b	1a	-	-	-	-
6	Xuân Đài	Tân Sơn	-	1b	2a	-	-	-	-
<b>8</b>	<b>Tuyên Quang</b>								
1	Tân An	Chiêm Hóa	-	2c	1b	-	-	-	-
2	Minh Quang	Chiêm Hóa	-	1c	-	-	-	2a,b	-
3	Khuôn Hà	Lâm Bình	-	2c	1b	-	-	-	-
4	Bình An	Lâm Bình	-	2c	-	-	-	1a,b	-
5	Hồng Quang	Lâm Bình	-	2c	1b	-	-	-	-
6	Thượng Lâm	Lâm Bình	-	2c	1b	-	-	-	-
7	Yên Lâm	Hàm Yên	-	2b,c	-	-	-	1a,b	-
8	xã Minh Hương	Hàm Yên	2g,h	1b,c	-	-	-	-	-
9	Đức Ninh	Hàm Yên	-	1b,c	2b	-	-	-	-
<b>9</b>	<b>Hà Giang</b>								
1	Cao Mã Pờ	Quản Bạ	1a,d	-	-	-	-	2a,c	-
2	Tùng Vài	Quản Bạ	1a,d	-	-	-	-	2a,c	-
3	Ngọc Long	Yên Minh	-	-	-	2c,b,a	-	1a,c	-
4	Hữu Vinh	Yên Minh	-	-	-	-	-	1a,c	-
5	Lũng Táo	Đông Văn	1a,d	-	-	-	-	-	2a
6	Lũng Phìn	Đông Văn	2a,d	-	-	-	1a	-	-
7	Sủng Máng	Mèo Vạc	-	-	-	-	1a	-	2a
8	Cán Chu Phìn	Mèo Vạc	-	-	-	-	1a,b	-	2a
9	Khâu Vai	Mèo Vạc	-	-	-	-	1a,b	-	2a
<b>10</b>	<b>Bắc Cạn</b>								
1	Giáo Hiệu	Pác Nặm	-	-	2b	-	-	1b,c	-

STT	Xã	Huyện	Mô hình, giải pháp khai thác nước						
			Mạch lộ	Giếng đào	Lỗ khoan	Hang động	Hồ treo	Khe suối	hứn g nước mưa
2	Nhạn Môn	Pác Nặm	2d,g,h	-	-	-	-	1b,c	-
<b>11</b>	<b>Thái Nguyên</b>								
1	Yên Lạc	Phú Lương	2k	-	1a	-	-	-	-
2	Yên Đỗ	Phú Lương	-	-	2a	-	-	1b,c	-
3	Khôi Kỳ	Đại Từ	-	-	2a	-	-	1b,c	-
4	Phú Đô	Phú Lương	-	-	2a	-	-	1b,c	-
<b>12</b>	<b>Bắc Giang</b>								
1	Đèo Gia	Lục Ngạn	-	2b	1a	-	-	-	-
2	Tân Lập	Lục Ngạn	-	2b	1a	-	-	-	-
3	Lục Sơn	Lục Nam	-	2b	1a	-	-	-	-
4	Đông Tiến	Yên Thế	-	2b	1a	-	-	-	-
5	Đông Vương	Yên Thế	-	2b	1a	-	-	-	-
<b>13</b>	<b>Lạng Sơn</b>								
1	Trần Yên	Bắc Sơn	2a,i,j	-	1a	-	-	-	-
2	Vạn Linh	Chi Lăng	-	2b,c	1a	-	-	-	-
3	Gia Lộc	Chi Lăng	2a,i,j	-	1a	-	-	-	-
4	Vũ Lễ	Bắc Sơn	2a,i,j	-	1a	-	-	-	-
5	Tân Văn	Bình Gia	1a,g,h	-	2a	-	-	-	-
6	Chiến Thắng - Vũ Sơn	Bắc Sơn	2a,g,h	-	1a	-	-	-	-
7	Yên Vượng	Hữu Lũng	-	2b,c	1a	-	-	-	-
8	Hữu Liên	Hữu Lũng	2a,g,h	-	1a	-	-	-	-
9	Tân Đoàn - Tràng Phái	Văn Quan	1a,g,h	-	2a	-	-	-	-
10	Yên Thịnh	Hữu Lũng	-	2b,c	1a	-	-	-	-
11	Hữu Lễ	Văn Quan	2a,d,g,h	-	1a	-	-	-	-
12	Mong Ân	Bình Gia	2 a,d,g,h	-	1a	-	-	-	-
13	Tri Phương	Tràng Định	1 a,d,g,h	-	2b	-	-	-	-
14	Tri Lễ	Văn Quan	1a,d,g,h	-	2a	-	-	-	-
<b>14</b>	<b>Cao Bằng</b>								
1	Thượng Thôn	Hà Quảng	1a,b,c	-	-	-	2a	-	-
2	Nội Thôn	Hà Quảng	1a,b,c	-	-	-	-	-	2a
3	Vân Dính, Xuân Hòa	Hà Quảng	2a,b,c	-	1b	-	-	-	-
4	Cải Viên	Hà Quảng	1a,b,c	-	-	-	-	-	2a

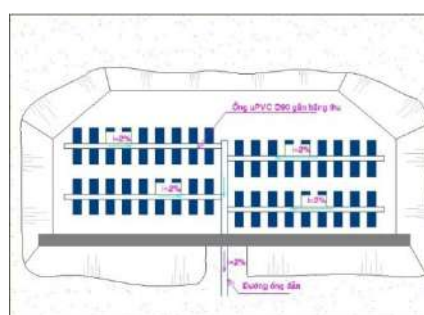
STT	Xã	Huyện	Mô hình, giải pháp khai thác nước						
			Mạch lộ	Giếng đào	Lỗ khoan	Hang động	Hồ treo	Khe suối	hút g nước mưa
5	Xuân Nội	Trà Lĩnh	-	-	2b	-	-	1b,c	-
6	Lưu Ngọc	Trà Lĩnh	-	-	1b	-	-	-	-
7	Quốc Toàn	Trà Lĩnh	1a,b,c	-	-	-	-	-	-
8	Ngọc Động	Thông Nông	1a,b,c	-	-	2c,d	-	-	-
9	Lương Thông	Thông Nông	1a,b,c	-	-	-	-	-	-
10	Đa Thông	Thông Nông	1a,b,c	-	-	-	-	-	-
11	Ngọc Chung	Trùng Khánh	2a,b,c	-	1b	-	-	-	-
12	Minh Long	Hạ Lang	2a,b,c	-	1b	-	-	-	-
13	Chí Thảo	Quảng Uyên	-	-	-	1c,d	-	-	-
14	Hồng Quang	Quảng Uyên	1a,g,h	-	2b	-	-	-	-
15	Mai Long	Nguyên Bình	1a,g,h	-	-	-	-	-	-
16	Vũ Nông	Nguyên Bình	1a,g,h	-	-	-	-	-	-
17	Triệu Nguyên	Nguyên Bình	1a,g,h	-	-	-	-	-	-
18	Yên Lạc	Nguyên Bình	1a,g,h	-	-	-	-	-	-
19	Minh Tâm	Nguyên Bình	1a,g,h	-	2b	-	-	-	-
20	Vân Trinh	Thạch An	1a,g,h	-	2b	-	-	-	-

(Ghi chú: 1 – Mô hình ưu tiên thứ nhất, 2 – Mô hình ưu tiên thứ 2, “-”: Không nên áp dụng; a, b, c... là công nghệ khai thác của mô hình ứng với ký hiệu ở bảng 3)

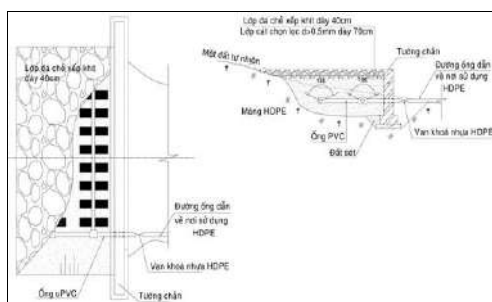
Hình 3 dưới đây mô phỏng một số công nghệ khai thác điểm hình.



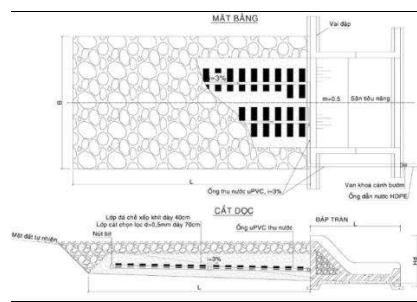
Mô hình công nghệ khai thác nước mạch lộ dạng tấm PC



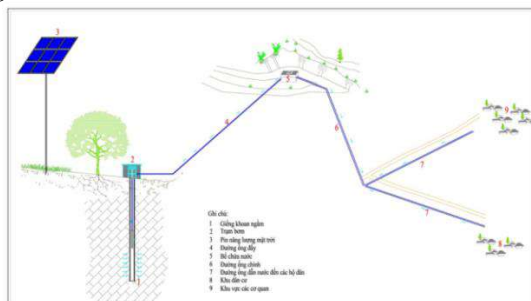
Mô hình công nghệ thu gom nước bằng bảng thu nước dạng tấm



Công nghệ thu gom nguồn nước mạch lộ dạng tường chắn



Mô hình thu gom nước bằng đập tràn



Sơ đồ khai thác nguồn nước Karst ngầm

Hình 3: Một số mô hình, công nghệ khai thác nước vùng núi khan hiếm nước phía Bắc

## 5. KẾT LUẬN

Nguồn nước Karst có vai trò rất quan trọng và là nguồn tài nguyên quý giá đối với mục đích cung cấp nước sinh hoạt nói chung và vùng núi khan hiếm nước phía Bắc nói riêng. Kết quả nghiên cứu đã đề xuất được 7 mô hình với 28 giải pháp công nghệ khai thác được xem là bền vững áp dụng cho 95 xã thuộc vùng nghiên cứu.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Văn Lâm và nnk (2010). Chương trình KHCN cấp Nhà nước KC.08/06-10 “Nghiên cứu sự hình thành, phân bố và đề xuất hệ phương pháp đánh giá và sử dụng tài nguyên nước ngầm vùng Karst Đông bắc Việt Nam”.
- [2] Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước Quốc gia (2015), Chương trình Điều tra, tìm kiếm nguồn nước dưới đất để cung cấp nước sinh hoạt ở các vùng núi cao, khan hiếm nước.
- [3] Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam (2018), đề tài Nghiên cứu đề xuất các mô hình, giải pháp công nghệ khai thác và bảo vệ phát triển bền vững nguồn nước Karst phục vụ cấp nước sinh hoạt tại các vùng núi cao, khan hiếm nước khu vực Bắc Bộ, mã số ĐTĐL.CN-61/15.

**LỜI CẢM ƠN:** Bài báo này được thực hiện trên cơ sở kết quả nghiên cứu của đề tài “Nghiên cứu đề xuất các mô hình giải pháp công nghệ khai thác và bảo vệ phát triển bền vững nguồn nước Karst phục vụ cấp nước sinh hoạt tại các vùng núi cao, khan hiếm nước khu vực Bắc Bộ” mã số ĐTĐL.CN-61/15. Tập thể tác giả trân trọng cảm ơn sự cộng tác, tham gia và giúp đỡ trong quá trình hoàn thiện nghiên cứu này.