

GIẢI PHÁP VÀ CÔNG NGHỆ THU, LỌC NƯỚC BIỂN SẠCH XA BỜ PHỤC VỤ NUÔI TRỒNG THỦY SẢN QUY MÔ TẬP TRUNG VÙNG VEN BIỂN NAM TRUNG BỘ, ÁP DỤNG THÍ ĐIỂM TẠI TỈNH NINH THUẬN

Hoàng Ngọc Tuấn, Nguyễn Ngọc Vinh

Viện Khoa học Thủy lợi miền Trung và Tây Nguyên

Tóm tắt: Hiện nay chất lượng nước biển ven bờ cả nước mặt và nước ngầm khu vực Nam Trung Bộ đang bị suy giảm nghiêm trọng so với trước đây do các hoạt động công nghiệp, du lịch, nuôi trồng thủy sản phát triển nóng gây nên. Để có thể phát triển ngành nuôi trồng thủy sản (NTTS) một cách bền vững, nhất là các vùng có quy mô tập trung thì yêu cầu cần đặt ra đầu tiên là phải có nguồn nước biển sạch, ổn định đảm bảo cả lưu lượng và chất lượng. Để giải quyết được vấn đề đó thì cần phải có các giải pháp lấy nước biển hợp lý, như lấy nước biển xa bờ để không bị các nguồn xả thải tác động đến.

Dưới đây chúng tôi xin giới thiệu kết quả nghiên cứu chính của giải pháp thu, lọc nước biển sạch xa bờ phục vụ NTTS quy mô tập trung cũng như ứng dụng cho một công trình cụ thể tại tỉnh Ninh Thuận.

Từ khóa: Trạm bơm nước biển, Nuôi trồng thủy sản, Nam Trung Bộ, cấp nước biển sạch

Summary: At present, the quality of coastal water in both surface water and groundwater in the South Central region has been significantly reduced compared to the past due to industrial activities, tourism and aquaculture develop hot triggers. In order to develop the aquaculture industry in a sustainable manner, especially in the concentrated areas, the first requirement is to have a clean, stable seawater source to ensure the flow and quality. To solve that problem, it is necessary to have reasonable solutions to take sea water, such as taking seawater far from shore so that it is not affected by discharge sources.

Below, we would like to introduce the main research results of the solution of collecting and filtering offshore clean seawater for concentrated aquaculture as well as application for a specific project in Ninh Thuan province.

Key words: Seawater pumping station, Aquaculture, South Central, provide the clean sea-water

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vùng duyên hải Nam Trung Bộ là khu vực thuận lợi để phát triển kinh tế biển, nhất là ngành nuôi trồng thủy sản (NTTS), tuy nhiên việc đảm bảo cung cấp nguồn nước biển đang gặp nhiều khó khăn, bất cập do việc phát triển NTTS không theo Quy hoạch, mà tự phát, tăng nhanh diện tích trong khi hạ tầng kỹ thuật không phát triển kịp dẫn đến năng suất, sản

lượng, chất lượng sản phẩm không đáp ứng được yêu cầu đặt ra. Chất lượng nước cấp không đảm bảo do lấy nước gần bờ nên bị ô nhiễm bởi chính nguồn nước được thải ra từ các khu ao nuôi; lưu lượng nước lấy không đáp ứng được nhu cầu do nhiều hộ gia đình, doanh nghiệp cùng tập trung khai thác nguồn nước ngầm gần bờ biển. Để có thể chủ động nguồn nước biển sạch phục vụ NTTS quy mô tập trung thì việc nghiên cứu, đề xuất giải pháp công nghệ lấy nước biển sạch cách bờ biển hàng 100m là hết sức cần thiết và cấp bách hiện nay. Bài báo này, chúng tôi giới

Ngày nhận bài: 12/10/2019

Ngày thông qua phản biện: 26/11/2019

Ngày duyệt đăng: 18/12/2019

thiếu giải pháp và công nghệ thu, lọc nước biển sạch xa bờ phục vụ cấp nước NTTS vùng ven biển Nam Trung Bộ cũng như kết quả tính toán, thiết kế và thi công cho một công trình cụ thể tại xã An Hải, huyện Ninh Phước, tỉnh Ninh Thuận của Công ty TNHH Thủy sản Hải Dương.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp thu thập, điều tra, khảo sát: thu thập các tài liệu, số liệu, các kết quả nghiên cứu đã có về các giải pháp cấp nước mặn từ giếng lọc ngầm đặt ngoài biển đang áp dụng tại vùng Nam Trung Bộ. Trên cơ sở các tài liệu đã có, tiến hành điều tra để bổ sung, cập nhật thông tin, tài liệu số liệu phục vụ nghiên cứu. Tổ chức khảo sát thực địa tại các khu vực để đảm bảo tính chính xác, tính thực tiễn của kết quả nghiên cứu.

Phương pháp tổng hợp, phân tích tài liệu: từ các tài liệu, số liệu và kết quả nghiên cứu được kế thừa hoặc điều tra cập nhật bổ sung kết hợp với việc khảo sát thực tế tại hiện trường, sử dụng phương pháp tổng hợp, phân tích dữ liệu để đạt được kết quả theo mục tiêu nghiên cứu.

Phương pháp nghiên cứu lý thuyết kết hợp thực nghiệm: Đã cho tính toán, thiết kế, xây dựng mô hình và sau đó đã vận hành thử nghiệm, kiểm chứng với thực tế.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Cơ sở đề xuất giải pháp

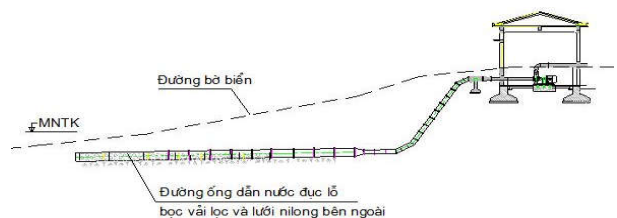
Giải pháp và công nghệ cấp nước biển xa bờ bằng trạm bơm và ống lọc đặt ngầm ngoài biển phù hợp với điều kiện địa hình bãi biển có độ dốc nhỏ, tương đối ổn định, biên độ thủy triều giữa 2 mùa không lớn, thành phần địa chất chủ yếu là cát hạt thô, hàm lượng hạt mịn, hạt sét nhỏ nên khả năng lọc cao để giảm tắc ống lọc.. Với quy mô cấp nước tập trung mỗi trạm bơm có thể cấp từ 10 đến 100ha. Cấu tạo công trình bao gồm trạm bơm; hệ thống ống lọc, đường

ống hút, đẩy và thiết bị cơ điện. Trạm bơm đặt sâu trong bờ, cao hơn mực nước biển lớn nhất từ 1 đến 2m; hệ thống ống lọc đặt dưới đường bờ biển thấp nhất từ 1-2m là phù hợp. Qua phân tích các điều kiện đặc trưng trên thì giải pháp này phù hợp với các tỉnh từ Bình Định đến Bình Thuận.

3.2. Nghiên cứu giải pháp cấp nước biển bằng trạm bơm và ống lọc đặt ngầm ngoài biển

3.2.1. Sơ đồ bố trí và nguyên lý hoạt động

- **Hệ thống ống lọc nước:** Bố trí hệ thống ống lọc nước nằm ngang đặt ngầm ngoài biển. Hệ thống ống lọc phải đặt ở vị trí có mực nước ngầm ổn định, ít biến động đặc biệt độ mặn đảm bảo.



Hình 1. Lấy nước bằng ống lọc đặt ngầm ngoài biển, hút nước trực tiếp qua ống lọc đặt ngầm

- **Đường ống hút nước:** Đường ống hút được nối liền với hệ thống ống dẫn bơm trong giếng, làm nhiệm vụ chuyển nước vào ao nuôi thông qua hệ thống máy bơm chuyên dụng. Ống hút được làm bằng các loại vật liệu có khả năng chịu áp lực, chịu nước biển và dễ vận chuyển lắp đặt, thay thế.

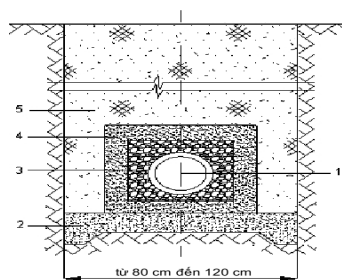
- **Trạm bơm:** Trạm bơm được đặt tại vị trí khô ráo, an toàn, thuận lợi về nguồn điện, không ảnh hưởng đến giao thông công cộng. Các máy bơm được lựa chọn công suất phù hợp với yêu cầu của ao nuôi.

- **Nguyên lý hoạt động:** Nước biển được thu vào hệ thống ống lọc nước đặt ngoài biển, nước từ các ống lọc tập trung về ống chính và nối liền với ống hút của máy bơm, sử dụng trạm bơm cưỡng bức đưa nước biển vào khu

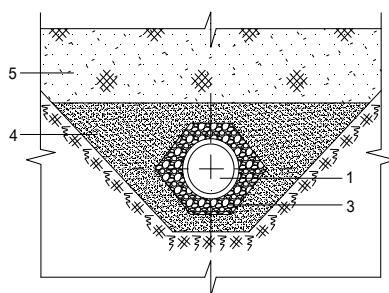
vực ao nuôi.

3.2.2. Tính toán thiết kế thông số ống lọc

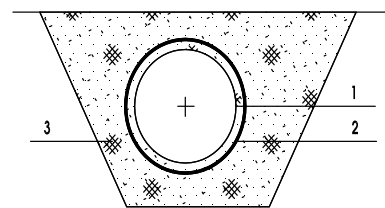
3.2.2.1. Hình thức lấy nước bằng hệ thống lọc



Hình 2: Cấu tạo lớp lọc khi mái đào thẳng đứng có chống đỡ



Hình 3: Cấu tạo lớp lọc khi mái đào nghiêng



Hình 4: Cấu tạo lớp lọc khi mái đào nghiêng

CHÚ DẪN: 1- Ống lọc; 2- Lớp đá dăm đầm chặt vào đất nền; 3- Dăm sỏi; 4- Cát thô; 5- Lớp cát tự nhiên

CHÚ DẪN: 1- Ống lọc; 2- Lớp lưới bọc; 3- Lớp cát tự nhiên

3.2.2.2. Xác định các thông số cơ bản của ống lọc

a) Đường kính đẳng hiệu của lỗ lọc

Trên thành ống bố trí các lỗ thu nước có dạng hình tròn hoặc khe rãnh. Có thể làm khung dạng ống rồi quấn xung quanh bằng dây đồng hoặc inox để tạo thành ống lọc. Cách bố trí các lỗ thu nước trên thành ống lọc như sau: Lỗ hình tròn bố trí theo lưới ô vuông hoặc hoa mai; lỗ hình chữ nhật bố trí thành hàng so le

nhau. Với ống lọc sử dụng dạng khe, rãnh, mắt lưới có thể sử dụng kích thước của lỗ thu nước của ống lọc theo bội số d_{50} của các loại đất nền trong bảng 1.

Xác định các thông số lưới lọc như: số lớp lưới lọc, kích thước ô lưới phải được tính toán chuyển đổi tương đương như các lớp lọc cát và dăm sỏi và phải thí nghiệm bằng mô hình vật lý.

Bảng 1: Kích thước lỗ thu nước của ống lọc

Hình dạng lỗ	Kích thước lỗ thu nước tính theo bội số d_{50} của đất nền	
	Cát đồng nhất	Cát không đồng nhất
Lỗ tròn	Từ 2,5 đến 3,0	Từ 3,0 đến 4,0
Khe, rãnh	Từ 1,25 đến 1,5	Từ 1,5 đến 2,0
Mắt lưới	Từ 1,5 đến 2,0	Từ 2,0 đến 2,5

1) d_{50} là đường kính hạt đất mà tổng khối lượng của những hạt có đường kính nhỏ hơn nó chiếm 50 % khối lượng đất;

2) Trị số nhỏ cho trong bảng được chọn khi đất có cỡ hạt nhỏ, còn trị số lớn dùng khi đất có cỡ hạt lớn;

3) Chiều rộng khe, rãnh có dạng chữ nhật là con số ghi trong bảng, còn chiều dài lấy từ 4 đến 6 lần chiều rộng.

b) Tính toán đường kính ống lọc

Căn cứ vào lưu lượng nước cần dẫn qua ống

lọc để tính toán xác định đường kính ống lọc. Tham khảo các bảng tính thủy lực đường ống dẫn nước trong các tài liệu kỹ thuật hiện hành

để xác định kích thước ống lọc ứng với các cấp lưu lượng bơm.

Bảng 2: Quan hệ giữa lưu lượng cần bơm với đường kính ống lọc

Lưu lượng cần bơm, L/s	25	38	57	82	110	190
Đường kính ống lọc, mm	254	305	356	406	508	610

c) Tính toán chiều dài ống lọc

Căn cứ vào đường kính của ống lọc, vận tốc nước ngầm đi qua lỗ có trên thành ống lọc và lưu lượng cần bơm sẽ tính được chiều dài ống lọc theo công thức sau:

$$L = \frac{Q_g}{\pi D_g V_{lo}} \quad (\text{m}) \quad (1)$$

Trong đó: L là chiều dài ống lọc, (m); Q_g là lưu lượng cần bơm từ giếng, (m^3/s); D_g là đường kính ống lọc, (m); V_{lo} là vận tốc nước ngầm đi qua lỗ có trên thành ống lọc, (m/s); giá trị này có thể xác định theo đồ thị hoặc

theo công thức sau: $V_{lo} = 65\sqrt[3]{K}$ (với K là hệ số thấm của đất đá, m/ngày) (2)

Sau khi tính toán lựa chọn chiều dài, đường kính và khe hở của ống lọc, cần kiểm tra lại các thông số nói trên bằng cách tính vận tốc trung bình và dòng nước chảy qua khe hở của ống lọc theo công thức: $V = \frac{Q}{A}$, (m/s) (3);

(Q (m^3/s): lưu lượng thiết kế; A(m^2): tổng diện tích làm việc của các lỗ, khe hở); hệ số thấm ứng với từng loại đặc tính của đất nền đặc trưng được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3: Hệ số thấm K với từng loại đặc tính của đất nền

Loại đất nền	Hệ số thấm K m/ngày
1. Đá nứt nẻ và caster hóa, cuội sỏi không lẫn cát, cát vừa và đồng nhất	> 30
2. Cuội sỏi có lẫn cát và sét	Từ 10 đến 30
3. Cát thô và vừa không đồng nhất	Từ 5 đến 10
4. Cát chặt	Từ 0,5 đến 5; < 0,5

Chiều dài ống lọc có thể xác định sơ bộ thông qua hệ số thấm ứng với từng điều kiện đất, cát của bãi biển. Có thể tra theo bảng 4 như sau:

Bảng 4: Chiều dài ống lọc ứng với từng cấp lưu lượng và đặc tính của đất nền

Hệ số thấm K ứng với từng loại đặc tính của đất nền (m/ngày)	Chiều dài ống lọc L (m) ứng với từng cấp lưu lượng Q (l/s) và hệ số thấm K (m/ngày)				
	25	38	57	82	110
1. Đá nứt nẻ và caster hóa, cuội sỏi không lẫn cát, cát vừa và đồng chất: $K > 30$	> 13	> 17	> 22	> 28	> 30
2. Cuội sỏi có lẫn cát và sét: $30 \geq K \geq 10$	Từ 13 đến 19	Từ 17 đến 24	Từ 22 đến 31	Từ 28 đến 40	Từ 30 đến 43
3. Cát thô và vừa không đồng chất: $10 \geq K \geq 5$	Từ 19 đến 24	Từ 24 đến 31	Từ 31 đến 40	Từ 40 đến 50	Từ 43 đến 54
4. Cát chặt $5 \geq K \geq 0,5$	Từ 24 đến 27	Từ 31 đến 66	Từ 40 đến 85	Từ 50 đến 108	Từ 54 đến 115

d) Tính toán thiết kế lớp vật liệu ốp mặt ngoài ống lọc

- Kích thước hạt của vật liệu lọc: Để ngăn ngừa các hạt mịn chui qua lớp sỏi lọc, kích thước của vật liệu lọc được chọn lớn hơn kích thước hạt của tầng chứa nước trong khoảng từ 2,4 - 6,5 lần. Kích thước vật liệu lọc được chọn sao cho tỷ lệ giữa kích thước vật liệu lọc và cát của tầng chứa nước $D_f/D_{60} = 4,5 - 5,5$. Đối với những tầng kém đồng nhất, tỷ lệ này có thể lấy cao hơn một ít. Tỷ lệ kích thước hạt của vật liệu lọc, D_{f50} , cần phải nhỏ hơn so với D_f thấp nhất được tính toán cho một lớp cụ thể được bọc sỏi.

Bảng 5: Kích thước hạt tiêu chuẩn của vật liệu lọc

D_f (mm)	D_{f50} (mm)
0,7 – 1,2	0,9
1,5 – 2,0	1,7
2,0 – 3,0	2,4
3,5 – 5,0	4,2
5,0 – ,5	6,1

Từ phân tích thành phần và kích thước hạt của tầng chứa nước, có nhiều phương pháp lựa chọn kích thước vật liệu lọc, trong đó phương pháp được áp dụng phổ biến là dựa vào hệ số đồng nhất.

Hệ số đồng nhất C_u là tỷ số giữa D_{60} và D_{10} :

$C_u = D_{60}/D_{10}$ (4). Căn cứ và giá trị của hệ số này có các trường hợp sau:

- **Khi hệ số C_u của vật liệu tầng chứa nước nhỏ hơn 2,5:** Thường dùng vật liệu lọc có hệ số C_u trong khoảng từ $1 \div 2,5$ và với kích thước D_{750} của vật liệu lọc lớn gấp tối đa là 6 lần so với kích thước D_{750} của vật liệu tầng chứa nước. Nếu không có vật liệu lọc đồng nhất, có thể dùng vật liệu lọc với hệ số C_u trong khoảng từ $2,5 \div 5$ với kích thước D_{750} không lớn hơn 9 lần so với kích thước D_{50} của tầng chứa nước.

- **Khi hệ số C_u của vật liệu tầng chứa nước trong khoảng từ 2,5 ÷ 5:** Thường dùng vật liệu lọc có hệ số C_u trong khoảng từ $1 \div 2,5$ và với kích thước D_{50} của vật liệu lọc không lớn hơn 9 lần so với kích thước D_{50} của vật liệu tầng chứa nước. Có thể tạm sử dụng vật liệu lọc với hệ số C_u trong khoảng từ $2,5 \div 5$ với kích thước D_{750} không lớn hơn 12 lần so với kích thước D_{50} của tầng chứa nước. Một phương pháp đơn giản để các định độ hạt của lớp vật liệu lọc là lấy kích thước của 70% được giữ lại trong quá trình phân tích rây nhân với hệ số từ $4,5 \div 6$. Đây sẽ là kích thước của 70% được giữ lại của vật liệu lọc sẽ sử dụng. Hệ số đồng nhất không lớn hơn 2,5. Một phương pháp khác để lựa chọn kích thước sỏi lọc là so sánh thành phần hạt của tầng chứa nước với kích thước sỏi lọc phổ biến và kích thước khe hở ống lọc phù hợp. Bảng 15 tổng hợp kích thước vật liệu lọc so

với kích thước khe hở ống lọc dựa trên chỉ số D_{50} của tầng chứa nước.

- Chiều dày và vị trí của lớp sỏi lọc:

Theo lý thuyết thì độ dày của lớp sỏi lọc chỉ cần từ 2 đến 3 lần đường kính của hạt sỏi là đã có thể ngăn cản cát hạt mịn xâm nhập từ tầng chứa nước. Bề dày lớp sỏi lọc không có ý nghĩa quan trọng trong việc giảm khả năng bơm cát của ống lọc bởi yếu tố chính là tỷ lệ giữa kích thước hạt của vật liệu lọc và thành phần hạt của tầng chứa nước. Trong phần lớn các trường hợp, chiều dày tốt nhất của lớp sỏi lọc từ $100 \div 200\text{mm}$. Nếu bề dày lớp sỏi lớn sẽ gây khó khăn trong việc thi công đào đắp và giá thành lớn.

- Tính toán lượng sỏi cần thiết:

Lượng sỏi cần thiết để bao quanh phần ống lọc được tính toán theo công thức: $VS = V.km^3$. (5)

Trong đó: VS: thể tích lượng sỏi cần thiết, (m^3); V: thể tích khoảng vành xuyên cần phải lấp đầy sỏi, (m^3); k: hệ số hao hụt, lấy bằng $1,15 \div 1,2$; Thể tích khoảng vành xuyên được tính theo công thức:

$$V = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) H.k_1 (m^3) \quad (6)$$

Trong đó: D: đường kính của lỗ khoan, (m); d: đường kính ngoài của đoạn ống chống hoặc ống lọc, (m); H: chiều dài của đoạn cần đổ sỏi, (m); k_1 : hệ số mở rộng đường kính khi khoan, lấy từ $1,1 \div 1,2$.

HỆ THỐNG ống LỌC NÀM NGANG



Hình 4: Sơ đồ bố trí hệ thống công trình

3.3.3. Tính toán lưu lượng thiết kế

Lưu lượng thiết kế của trạm bơm được xác định từ lượng nước yêu cầu của nhóm cấp

3.3. Ứng dụng kết quả nghiên cứu cho công trình cấp nước biển phục vụ nuôi trồng thủy sản xã An Hải, huyện Ninh Phước, tỉnh Ninh Thuận

3.3.1. Giới thiệu công trình

Công trình được xây dựng tại xã An Hải, huyện Ninh Phước, tỉnh Ninh Thuận với nhiệm vụ cấp nước biển cho nuôi trồng thủy sản quy mô 5 ha tại doanh nghiệp nuôi tôm Hải Dương. Các hạng mục chính gồm: Hệ thống ống lọc nước mặn đặt ngầm ngoài biển; trạm bơm; ống hút + ống đẩy; thiết bị cơ điện.

* Tài liệu, quy phạm phục vụ thiết kế

- Tài liệu địa hình: bình đồ khu đầu mối, tuyến ống và khu ao nuôi; trắc dọc, ngang tuyến đường ống

- Tài liệu địa chất: hình trụ lỗ khoan, chỉ tiêu cơ lý của đất nền tại vị trí xây dựng trạm bơm, thành phần hạt và mực nước ngầm.

- Tài liệu khí tượng, thủy hải văn: mưa, nhiệt độ, sóng, gió, mực nước triều lớn nhất, nhỏ nhất ...

- Hướng dẫn kỹ thuật xác định mực nước triều cao, trung bình nhiều năm, đường mép nước biển thấp nhất trung bình nhiều năm vùng ven biển Việt Nam theo QĐ số 2495/QĐ-BTNMT ngày 28/4/2016 của Bộ Tài nguyên và Môi trường

- HD.TL-C-7-83: Hướng dẫn thiết kế trạm bơm tưới, tiêu nước

- Tài liệu về khu nuôi trồng và các tài liệu liên quan khác.

3.3.2. Sơ đồ bố trí công trình

luân phiên có diện tích ao nuôi lớn nhất, công thức tính toán: $Q_{TK} = W_{yc}/T$ (m^3/h); Trong đó:

Wyc - Lượng nước yêu cầu, xác định theo công thức sau:

$$W_{yc} = (\Sigma F_{ao LP} \times H_{thả}) + W_{tt} + W_{ch} \quad (m^3) \\ = (24.000 \times 1,2) + 10\% \times (24.000 \times 1) + 0,1 \times 24.000 = 33.600 \text{ m}^3$$

Với thời gian bơm cho 1 đợt bơm: $T=60h$ thì:
 $Q_{TK} = W_{yc}/T = 33.600/60 = 560 \text{ m}^3/h$.

Lựa chọn 02 máy bơm với lưu lượng bơm thiết kế 1 máy $Q_{TK} = 560/2 = 280 \text{ m}^3/h$

3.3.4. Xác định cột nước bơm thiết kế

Trong tính toán xem mực nước bề hút nhỏ nhất bằng mực nước triều nhỏ nhất và mực nước bề hút lớn nhất bằng mực nước triều lớn nhất. Cột nước thiết kế của máy bơm được xác định bằng tổng chiều cao bơm nước địa hình bình quân với tổn thất cột nước trên đường dòng chảy từ bề hút lên bề xả theo công thức dưới đây:

$$H_{TK} = H_{DH} + \Sigma H_{TT} \quad (m)$$

Trong đó:

- H_{TK} : Cột nước thiết kế trạm bơm (m);
- H_{DH} : Cột nước địa hình; $H_{dh} = \nabla_{BX}^{max} - \nabla_{BH}^{min} = +7,0 - (-1) = +8,0 \text{ m}$.

Cao trình bề hút min được xác định từ mực nước triều min trung bình nhiều năm (số liệu khảo sát ở khu vực dự án);

- ΣH_{tt} : Cột nước tổn thất (bao gồm tổn thất qua ống hút máy bơm, ống đẩy và các thiết bị trên đường ống)

$$H_{TK} = H_{DH} + \Sigma H_{TT} = 8 + 11,59 = 19,59 \text{ m}$$

3.3.5. Lựa chọn máy bơm

Với các thông số tính toán $Q_{TK} = 280 \text{ m}^3/h$; $H_{TK} = 19,59 \text{ m}$; tra bảng thông số lựa chọn máy bơm: LT 280-29 với các thông số $Q = (200 \div 400) \text{ m}^3/s$; $H = (21 \div 31,5) \text{ m}$ là phù hợp (có thiên về an toàn).

3.3.6. Xác định cao trình đặt máy bơm

Theo điều kiện không phát sinh khí thực thì cao trình đặt máy bơm được tính theo công

thức: $Z_{đm} = Z_{bh \text{ min}} + [h_s]$; Với $Z_{bh \text{ min}}$: Cao trình mực nước bề hút nhỏ nhất; $[h_s]$: Độ cao hút nước cho phép; Độ cao hút nước cho phép được tính theo công thức:

$$[h_s] = [H_{ck}] - 10 + H_{at} + 0,24 - H_{bh} - h_{toh} \quad (m) \quad (7)$$

Trong đó:

H_{at} : Cột nước áp lực khí trời trên mặt thoáng bề hút; Tính toán $H_{at} = 10,332 \text{ m}$

H_{bh} : Cột nước áp lực hóa hơi của của nước bơm lên; tra bảng giá trị thiết kế trạm bơm; với $t=30^\circ\text{C}$ độ chọn $H_{bh} = 0,43 \text{ m}$.

h_{toh} : Tổn thất do ma sát ở ống hút; từ kết quả tính toán

$$h_{toh} = \lambda \cdot L_{oh} \cdot v^2 / (D \cdot 2 \cdot g) = 0,026 \times 80 \times 1,58^2 / (0,25 \times 2 \times 9,81) = 1,066 \text{ m}$$

$[h_{ck}]$: Cột nước chân không cho phép của máy bơm; với thông số máy bơm đã chọn; ta có $[h_{ck}] = 5,0 \text{ m}$

V_v : Vận tốc nước vào ống hút; $V = 1,58 \text{ m/s}$

$$[h_s] = [H_{ck}] - 10 + H_{at} + 0,24 - H_{bh} - h_{toh} - \frac{V_v^2}{2g} = 3,95 \text{ m}$$

Thay các thông số vào ta có:

$Z_{đm} = (-1) + 3,95 = +2,95 \text{ m}$. Lựa chọn cao trình đặt máy: $+3,00 \text{ m}$

3.3.7. Tính toán các thông số nhà trạm

+ *Chiều rộng nhà máy*: $B = t + a_1 + L_1 + L_2 + L_b + L_k + a_2 + t$; tính toán lựa chọn: **$B=4\text{m}$** .

+ *Chiều dài nhà máy* $L_n = n \cdot D_{đc} + (\frac{V_v^2}{2g} - 1) \cdot a$

+ $L_1 + L_{sc} + 2t + 0,2$; tính toán lựa chọn **$L_n=4,1\text{m}$**

+ *Chiều cao nhà máy*: $H = H_{bệ \text{ máy}} + H_{\text{máy bơm}} + 0,3 + H_{\text{tầng trên}}$; tính toán chiều cao: **$H = 4,4\text{m}$** .

3.3.8. Tính toán hệ thống ống lọc nằm ngang

a) Cấu tạo của ống lọc

Chia hệ thống lọc thành nhiều ống nằm hàng ngang nối vào đường ống hút chung để giảm khối lượng đào và dễ thi công, quản lý và bảo trì. Cấu tạo của hệ thống ống lọc bao gồm:

Lớp đệm đá dăm dày 15cm được đệm chặt; Ống HDPE được đục lỗ hình tròn hoặc dạng rãnh; lớp dăm sỏi làm tầng lọc phía ngoài ống; lớp ngoài cùng: lớp cát tự nhiên.

b) Xác định các thông số cơ bản của ống lọc nằm ngang

Từ yêu cầu của khu ao nuôi, với $Q_{tk} = 280 \text{ m}^3/\text{h}$; Xác định $Q_{loc} = Q_{tk} \times K$ (với $K=1,2 \div 1,5$); Chọn $K = 1,2$ ta có: $Q_{loc} = 1,2 \times 280 = 336 \text{ m}^3/\text{h}$.

Với $Q_{loc} = Q_{loc \text{ 1 ống}} \times n(\text{số ống lọc})$.

Để chọn được D_g (đường kính ống lọc); L (chiều dài ống lọc) và số ống lọc ta cần thử dần với thông số n (số ống lọc) để tìm ra các đại lượng D_g ; L hợp lý.

Chiều dài ống lọc và đường kính ống lọc; lưu lượng cần bơm của giếng tương quan với nhau

$$\text{qua công thức sau: } L = \frac{Q_g}{\pi D_g V_{lo}}$$

L là chiều dài ống lọc, m; Q_g là lưu lượng cần bơm từ ống, m^3/s ; D_g là đường kính ống lọc, m;

V_{lo} là vận tốc nước ngầm đi qua lỗ có trên thành ống lọc, m/s; giá trị này có thể xác định theo đồ thị hoặc theo công thức sau: $V_{lo} = 65\sqrt{K}$ (với K là hệ số thấm của đất đá, m/ngày; $K = 1,62 \times 10^{-6} \text{ m/s}$)

Sau khi thử dần với các giá trị n (số ống khoan) tìm ra được bảng giá trị D_g ; L như sau:

Bảng 7: Bảng giá trị D_g và L theo các giá trị thử dần n (số ống lọc)

n (số đoạn lọc)	D (m)	0.114	0.125	0.14	0.16	0.18	0.2	0.225	0.25
4	L (m)	18.57	16.94	15.12	13.23	11.76	10.59	9.41	8.47
n (số đoạn lọc)	D (m)	0.114	0.125	0.14	0.16	0.18	0.2	0.225	0.25
6	L (m)	12.38	11.29	10.08	8.82	7.84	7.06	6.27	5.65
n (số đoạn lọc)	D (m)	0.114	0.125	0.14	0.16	0.18	0.2	0.225	0.25
8	L (m)	9.29	8.47	7.56	6.62	5.88	5.29	4.70	4.23

Dựa vào kết quả tính toán, so sánh và lựa chọn: số đoạn lọc $n=4$ đoạn; đường kính ống lọc $D_g = 250\text{mm}$; chiều dài ống lọc: $L=8,47$. Tuy nhiên để thi công và lắp đặt dễ dàng, sát với thực tế chế tạo lựa chọn chiều dài ống lọc $L = 9,0\text{m}$.

- *Xác định đường kính đẳng hiệu của lỗ lọc:*
Trên thành ống bố trí các lỗ thu nước có dạng hình tròn. Cách bố trí các lỗ thu nước trên thành ống lọc dạng hình hoa mai; đường kính lỗ lọc được xác định bằng bội số của d_{50} đất nền. Theo kết quả khảo sát địa chất, với lớp cát đồng nhất ta có: $D_{lỗ \text{ lọc}} = (2,5 \div 3,0) \times d_{50} = 3 \times 0,3 = 0,9 \text{ mm}$. Chọn đường kính lỗ lọc: $D_{lỗ \text{ lọc}} = 5\text{mm}$

- *Xác định số lỗ lọc:*

+ Lưu lượng cần lấy quá 1 đoạn ống lọc 8m:
 $Q_{1 \text{ ống}} = Q/\text{số ống} = 84 \text{ m}^3/\text{h} = 0,023333 \text{ (m}^3/\text{s)}$

+ Nên số lỗ lọc:

$$Q_{1 \text{ ống}} / Q_{1 \text{ lỗ}} \text{ Với } Q_{1 \text{ lỗ}} = 3,14 r^2 V_{lo} = 65\sqrt{K}$$

$$3,14 \times 0,1^2 \times 65 \times (1,64^{-6})^{(1/3)} = 2,755 \times 10^{-5} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

+ Số lỗ lọc cần đục trên 1 cấu kiện ống $L=9,0\text{m}$: $N = Q_{\text{ống}} / Q_{1 \text{ lỗ}} = 0,023333 / 2,755 \times 10^{-5} = 1750 \text{ lỗ}/9\text{m ống}$.

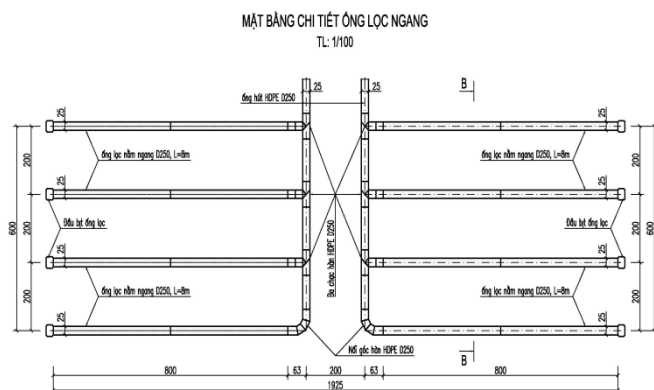
- *Lựa chọn vật liệu làm lớp lọc:* Vật liệu của lớp lọc sử dụng sỏi đồng nhất, sạch và tròn đều, các loại hạt có hình dạng mỏng, dẹt không được vượt quá 2% theo trọng lượng sỏi

tính toán. Tỷ trọng trung bình của vật liệu không nhỏ hơn 2,5.

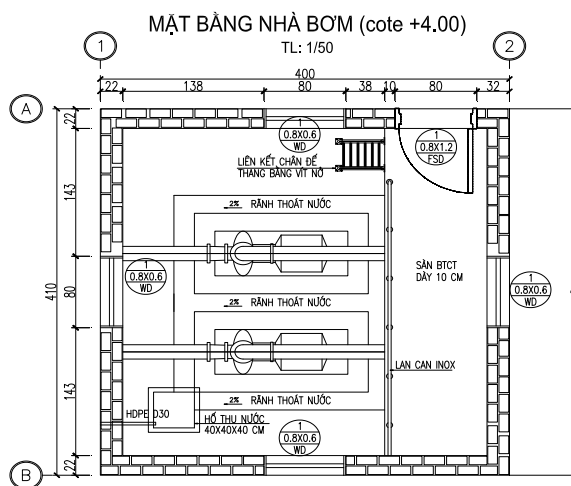
- *Tính toán, xác định kích thước sỏi phù hợp:*
Thường dùng vật liệu lọc có hệ số C_u trong khoảng từ 1 - 2,5 và với kích thước D_{50} của vật liệu lọc không lớn hơn 9 lần so với kích thước D_{10} của vật liệu tầng chứa nước. Như vậy kích thước

của vật liệu lọc $D_{sỏi} = 9 \times 0,3 = 2,7\text{mm}$. Lựa chọn đường kính vật liệu lọc (0,1- 0,5) cm.

- *Thiết kế chiều dày và vị trí của lớp sỏi lọc:*
Theo lý thuyết thì độ dày của lớp sỏi lọc chỉ cần từ 2 đến 3 lần đường kính của hạt sỏi. Trong phần lớn các trường hợp chọn chiều dày của lớp sỏi lọc là 15cm.



Hình 6: Mặt bằng bố trí hệ thống ống lọc

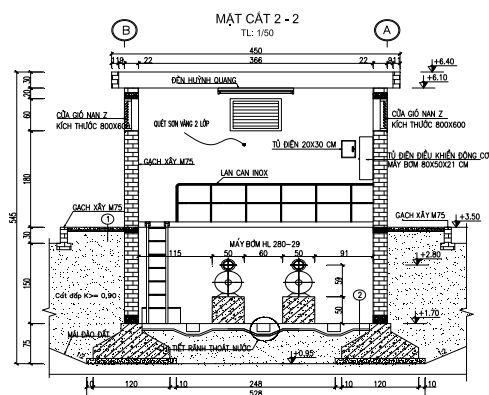


Hình 8: Mặt bằng nhà trạm bơm

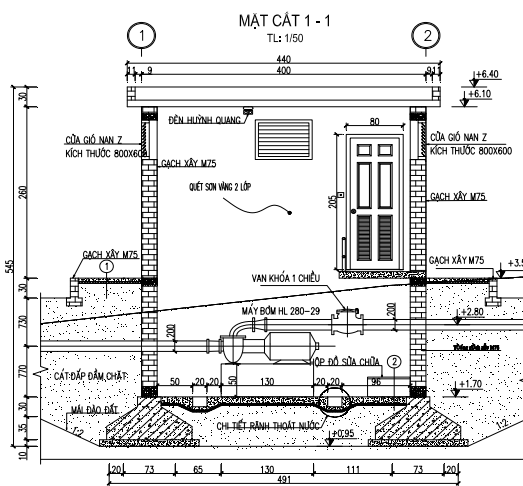
- *Biện pháp thi công hệ thống lọc*

Do cao trình đặt ống lọc -3.00 nằm dưới mực nước triều thấp nhất phương án thi công bằng hình thức máy đào kết hợp với máy xới thủy lực. Thi công theo các bước sau:

- Theo dõi mực nước thủy triều trong ngày và chọn mùa thi công vào mùa kiệt nhất năm (từ tháng 4 âm lịch đến tháng 8 âm lịch) để thi công.



Hình 7: Cắt ngang nhà trạm bơm



Hình 9: Cắt dọc nhà trạm bơm

- Định vị các đoạn ống lọc thi công bằng hệ thống phao tiêu hoặc cọc gỗ ngoài thực địa, tuân thủ khoảng cách, chiều dài giữa các ống như hồ sơ thiết kế.

- Chuẩn bị vật tư như ống nước HDPE được đục lỗ và quần lưới sẵn.

- Hàn nối ống HDPE theo chiều dài $L=9,0\text{m}$ theo thiết kế bằng phương pháp hàn nhiệt sẵn ngoài hiện trường; hàn các mặt bích sẵn giữa

ống hút và hệ thống ống lọc để đầu nối với nhau. Các tép lọc được đầu nối với nhau bằng cút, nối và để sẵn trên bờ.

- Tiến hành bọc lưới lọc 2 lớp theo hồ sơ thiết kế
- Căn mực nước triều, kết hợp máy đào 0,8m³ và máy xới thủy lực để đào hệ thống rãnh chôn ống lọc theo kích thước và khoảng cách, cao độ theo hồ sơ thiết kế.
- Rải đá dăm dày 15cm và đầm chặt theo hồ sơ thiết kế
- Dẫn hệ thống ống lọc (đã được hàn và đục lỗ,

quản lưới) xuống các rãnh đào sẵn theo đúng khoảng cách, cao độ thiết kế.

- Rải lớp dăm 0,5cm theo cắt ngang thiết kế và lấp các rãnh đào lại theo cao độ tự nhiên.
- Lắp đặt các cút nối, tê nối từ ống lọc vào đường ống hút chính theo hồ sơ thiết kế, định vị các vị trí ống lọc để quản lý, vận hành bằng hệ thống phao tiêu.
- Đào và lắp đặt đường ống hút theo hồ sơ thiết kế, để đầu chờ nối vào hệ thống máy bơm trạm bơm hoàn thiện.



Hình 10: Một số hình ảnh thi công hệ thống lọc đặt ngầm ngoài biển

3.4. Kết quả kiểm chứng sự hợp lý giữa lý thuyết tính toán và thực tế vận hành

Khi tính toán lựa chọn máy bơm, động cơ thì dựa vào mực nước bể hút (MN triều min) và mực nước bể xả để chọn máy bơm. Tuy nhiên thực tế vận hành cho thấy, trong ngày thì mực nước triều (MN bể hút) thay đổi liên tục theo giờ cho nên công suất máy bơm thay đổi theo. Cụ thể như sau:

+ Đối với mực nước tính toán thiết kế H_{TK} thì tương ứng với lưu lượng bơm của 01 máy: $Q_{TK} = 280 \text{ m}^3/\text{h}$.

+ Đối với các mực nước triều min, triều cao và triều trung bình trong 1 ngày vận hành thì xác định được lưu lượng bơm tương ứng; số liệu đo đạc được tại hiện trường thử nghiệm vận hành trong 03 ngày:

TT	Mực nước triều	$Q_{\text{vận hành}} / 1$ máy bơm (m^3/h)	$Q_{TK} / 1$ máy bơm (m^3/h)	Kết quả
1	MN triều cao	292	280	Đạt yêu cầu
-	Ngày 16/9/2019	296	280	Đạt yêu cầu
-	Ngày 17/9/2019	291	280	Đạt yêu cầu
-	Ngày 18/9/2019	293	280	Đạt yêu cầu
2	MN triều min	284	280	Đạt yêu cầu
-	Ngày 16/9/2019	284	280	Đạt yêu cầu
-	Ngày 17/9/2019	286	280	Đạt yêu cầu
-	Ngày 18/9/2019	281	280	Đạt yêu cầu
3	MN triều trung bình	289	280	Đạt yêu cầu
-	Ngày 16/9/2019	288	280	Đạt yêu cầu
-	Ngày 17/9/2019	290	280	Đạt yêu cầu
-	Ngày 18/9/2019	289	280	Đạt yêu cầu
	Trung bình trong ngày	285	280	Đạt yêu cầu

Nhận xét:

Với kết quả thực đo được qua vận hành 03 ngày (từ ngày 16/9 đến 18/9) tại Ninh Thuận thì cho thấy:

- Ứng với các mực nước triều cao và trung bình, min trong ngày thì lưu lượng bơm đảm bảo so với yêu cầu đặt ra.

- Tuy nhiên để giảm chi phí điện năng khi vận hành cần phải theo dõi bảng triều mực nước trong ngày và nhu cầu cần nước trong ngày để bơm nước cho đảm bảo theo yêu cầu sản xuất.

Kết quả thí nghiệm chất lượng nước trong 2 đợt:

CIASI
TRUNG TÂM THÔNG TIN - ỨNG DỤNG TIẾN BỘ
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ TỈNH NINH THUẬN
PHÒNG PHÂN TÍCH - THỬ NGHIỆM
Địa chỉ: Số 66H Hải Thượng Lãn Ông -
Thành phố Phan Rang - Tháp Chàm - Tỉnh Ninh Thuận
Điện thoại: 02593523452 Email: pnciasatn@gmail.com

PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM
Số DKTN: 166/2019 Trang: 1/1

Mã số mẫu: 253.19 Tên mẫu: Nước nuôi tôm
Đơn vị gửi mẫu: Viện khoa học thủy lợi Miền Trung Tây Nguyên
Địa chỉ: 132 Đồng Đa, quận Hải Châu, thành phố Đà Nẵng
Ngày lấy mẫu: Biên bản lấy mẫu: Số lượng mẫu: 2 lít
Loại mẫu: Nước biển Ngày, giờ nhận mẫu: 16/9/2019
Tình trạng mẫu khi nhận: Nước đựng trong chai nhựa.
Ngày thí nghiệm: 16/9/2019 Ngày trả kết quả: 20/9/2019
Ngày trả mẫu: Mục đích Thí nghiệm:
Nhận xét:

STT	Chỉ tiêu phân tích	Đơn vị tính	Kết quả	Phương pháp thử	LOQ
01	pH ^(*)		8,06	PP/CIASI/PTN/STPP.03.01	4-7
02	Độ kiềm tổng	mgCaCO ₃ /l	85,3	SMEWW 2320B:20017	
03	NH ₄ ⁺ -N	mg/l	0,23	TCVN 5988:1995	
04	Oxy hoà tan	mg/l	7,5	SMEWW 5210 B	
05	Florua ^(**)	mg/l	1,48	SMEWW 4500F-B&D:2012	
06	Hàm lượng sunfua	mg/l	KPH	SMEWW 4500 S°F:2012	
07	Photphat	mg/l	<LOQ	PP/CIASI/PTN/STPP.03.13	0,06
08	Chất rắn lơ lửng ^(*)	mg/l	KPH (LOD=10,0)	PP/CIASI/PTN/STPP.03.07	30

PHÒNG PT-TN
Nguyễn Hoàng Anh

GIÁM ĐỐC
Trần Văn Khang

Chú thích:
1. Kết quả thí nghiệm chỉ có giá trị trên mẫu thử. Sau 05 ngày lưu mẫu (kể từ ngày hạn trả kết quả) Trung tâm không chịu trách nhiệm về việc khiếu nại kết quả thí nghiệm của khách hàng.
2. Việc sao chép kết quả thí nghiệm chỉ có giá trị khi được sao chép toàn bộ. Không được sao chép một phần kết quả thí nghiệm khi chưa được sự đồng ý của Trung tâm.
3. (*) Chỉ tiêu được công nhận TCVN ISO/IEC 17025:2007; (**) Chỉ tiêu được thực hiện bởi nhà thầu phụ
4. LOD: Giới hạn phát hiện; LOQ: Giới hạn định lượng; KPH: Không phát hiện

Biểu mẫu số: CIASI/PTN/TT.22.01 Số soát xét: 02.281118

Scanned with CamScanner

Hình 11. Kết quả thí nghiệm mẫu nước biển từ mô hình 3ha ngày 16/9/2019

4. KẾT LUẬN

Vấn đề cấp nước biển sạch và chủ động đang là một khó khăn rất lớn làm cản trở sự phát triển bền vững của ngành nuôi trồng thủy sản vùng ven biển Nam Trung Bộ do các giải pháp cấp nước đang được áp dụng tại các địa phương là chưa phù hợp, chủ yếu được xây dựng một cách tạm bợ theo kiểu tự phát, dựa và kinh nghiệm là chính mà không có tính toán, thiết kế chi tiết do đó, chỉ sau một thời gian hoạt động thì phần lớn các trạm bơm đều bị hư hỏng, xuống cấp và hoạt động không hiệu quả. Vì vậy, kết quả nghiên cứu này sẽ là cơ sở khoa học rất quan trọng và cần thiết trong việc khảo sát, thiết kế các trạm bơm cấp nước biển phục vụ nuôi trồng thủy sản vùng ven biển Nam Trung Bộ và các vùng khác có điều kiện tương tự. Cũng trong phạm vi nghiên cứu này, chúng tôi đã xây dựng bộ

CIASI
TRUNG TÂM THÔNG TIN - ỨNG DỤNG TIẾN BỘ
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ TỈNH NINH THUẬN
PHÒNG PHÂN TÍCH - THỬ NGHIỆM
Địa chỉ: Số 66H Hải Thượng Lãn Ông -
Thành phố Phan Rang - Tháp Chàm - Tỉnh Ninh Thuận
Điện thoại: 02593523452 Email: pnciasatn@gmail.com

PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM
Số DKTN: 174/2019 Trang: 1/1

Mã số mẫu: 263.19 Tên mẫu: Nước nuôi tôm
Đơn vị gửi mẫu: Viện khoa học thủy lợi Miền Trung Tây Nguyên
Địa chỉ: 132 Đồng Đa, quận Hải Châu, thành phố Đà Nẵng
Ngày lấy mẫu: Biên bản lấy mẫu: Số lượng mẫu: 2 lít
Loại mẫu: Nước biển Ngày, giờ nhận mẫu: 03/10/2019
Tình trạng mẫu khi nhận: Nước đựng trong chai nhựa.
Ngày thí nghiệm: 03-10/2019 Ngày trả kết quả: 10/10/2019
Ngày trả mẫu: Mục đích Thí nghiệm:
Nhận xét:

STT	Chỉ tiêu phân tích	Đơn vị tính	Kết quả	Phương pháp thử	LOQ
01	pH ^(*)		7,60	PP/CIASI/PTN/STPP.03.01	4-7
02	Độ kiềm tổng	mgCaCO ₃ /l	80,0	SMEWW 2320B:20017	
03	NH ₄ ⁺ -N	mg/l	KPH	TCVN 5988:1995	
04	Oxy hoà tan	mg/l	7,5	SMEWW 5210 B	
05	Florua	mg/l	1,35	SMEWW 4500F-B&D:2012	
06	Hàm lượng sunfua	mg/l	KPH	SMEWW 4500 S°F:2012	
07	Photphat	mg/l	KPH (LOD=0,02)	PP/CIASI/PTN/STPP.03.13	0,06
08	Chất rắn lơ lửng ^(*)	mg/l	KPH (LOD=10,0)	PP/CIASI/PTN/STPP.03.07	30

PHÒNG PT-TN
Nguyễn Hoàng Anh

GIÁM ĐỐC
Trần Văn Khang

Chú thích:
1. Kết quả thí nghiệm chỉ có giá trị trên mẫu thử. Sau 05 ngày lưu mẫu (kể từ ngày hạn trả kết quả) Trung tâm không chịu trách nhiệm về việc khiếu nại kết quả thí nghiệm của khách hàng.
2. Việc sao chép kết quả thí nghiệm chỉ có giá trị khi được sao chép toàn bộ. Không được sao chép một phần kết quả thí nghiệm khi chưa được sự đồng ý của Trung tâm.
3. (*) Chỉ tiêu được công nhận TCVN ISO/IEC 17025:2007; (**) Chỉ tiêu được thực hiện bởi nhà thầu phụ
4. LOD: Giới hạn phát hiện; LOQ: Giới hạn định lượng; KPH: Không phát hiện

Biểu mẫu số: CIASI/PTN/TT.22.01 Số soát xét: 02.281118

Scanned with CamScanner

Hình 12. Kết quả thí nghiệm mẫu nước biển từ mô hình 3ha ngày 03/10/2019

thiết kế mẫu (gồm các bước khảo sát, tính toán thiết kế, bản vẽ thiết kế mẫu, quy trình thi công, quản lý vận hành ...) đối với dạng trạm bơm cấp nước biển lấy bằng hệ thống ống lọc ngầm ngoài biển để áp dụng cho từng khu vực đặc trưng với các quy mô nuôi lớn nhỏ khác nhau.

Kết quả nghiên cứu cũng đã được áp dụng để tính toán, thiết kế, thi công xây dựng và vận hành thử nghiệm cho một công trình cụ thể tại xã An Hải, huyện Ninh Phước, tỉnh Ninh Thuận. Với mô hình ứng dụng thực tế này, chúng tôi có thể kiểm nghiệm, hiệu chỉnh các thông số cho phù hợp với điều kiện cụ thể của khu vực áp dụng. Từ mô hình thí điểm này sẽ nhân rộng áp dụng cho các khu vực khác có điều kiện tự nhiên và quy mô nuôi tương tự ở các tỉnh ven biển Nam Trung Bộ nói riêng và cả nước nói chung.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hoàng Ngọc Tuấn, 2016, Đề tài độc lập cấp Nhà nước: Nghiên cứu giải pháp và công nghệ cấp nước mặn phục vụ nuôi trồng thủy sản vùng ven biển Nam Trung Bộ;
- [2] Hoàng Ngọc Tuấn, 2017, Báo cáo chuyên đề 3.3, Nghiên cứu đề xuất các giải pháp cấp nước mặn chủ động bằng trạm bơm, lấy nước mặn qua đường ống hút và ống lọc đặt ngầm, thuộc Đề tài độc lập cấp Nhà nước: Nghiên cứu giải pháp và công nghệ cấp nước mặn phục vụ nuôi trồng thủy sản vùng ven biển Nam Trung Bộ;
- [3] Hồ sơ khảo sát địa hình, địa chất, địa chất thủy văn, 2017, Viện KHTL miền Trung và Tây Nguyên tại công trình xã An Hải, huyện Ninh Phước, tỉnh Ninh Thuận;
- [4] Hồ sơ Thiết kế bản vẽ thi công công trình cấp nước biển phục vụ nuôi trồng thủy sản cho công ty TNHH Thủy sản Hải Dương tại xã An Hải, huyện Ninh Phước, tỉnh Ninh Thuận;
- [5] Công trình thủy lợi, Trạm bơm tưới, tiêu nước - Yêu cầu thiết kế thiết bị động lực và cơ khí, TCVN 9141: 2012;
- [6] Công trình thủy lợi, các quy định chủ yếu về thiết kế - QCVN 04 - 05 : 2012/BNNPTNT;
- [7] Garland E. Laliberte and Marshall J. English, M.ASCE (1983) Design of Energy-Efficient Pipe-Size Expansion, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 109, No. 1, March 1983, pp. 13-28.
- [8] Ronald E. Featherstone and Karim K. El-Jumaily (1983), Optimal Diameter Selection for Pipe Networks. Journal of Hydraulic Engineering. Vol. 109, No. 2, February 1983, pp. 221-234;
- [9] S. Emamgholizadeh and H. Torabi, Shahrood University (2008), *Experimental Investigation of the Effects of Submerged Vanes for Sediment Diversion in the Veis (Ahwaz) Pump Station*, Journal of Applied Sciences 8: 2396-2403, ISSN 1812-5654;
- [10] A. Jacob Odgaard, Ph.D., P.E. (2009), *River Training and Sediment Management with Submerged Vanes*, ASCE Press ISBN (print): 978-0-7844-0981-7 ISBN (PDF): 978-0-7844-7236-1