

ĐẶC ĐIỂM BIẾN ĐỘNG MỨC NƯỚC TRUNG BÌNH TẠI VỊNH ĐÀ NẴNG DƯỚI ẢNH HƯỞNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

Trần Văn Chung^{1*}, Nguyễn Trương Thanh Hội², Nguyễn Hữu Huân¹

¹Viện Hải dương học - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Công ty TNHH Tư vấn và Thương mại Biển Đảo

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 14/09/2024

Ngày phản biện: 16/9/2024

Ngày duyệt đăng: 23/9/2024

*Tác giả chính:

tvanchung@gmail.com

Title:

Variation features of mean sea water level in Da Nang bay under the influence of climate change

Từ khóa:

Biến đổi khí hậu; dao động mực nước biển; dị thường mực nước; mực nước.

Keywords:

Climate change; sea level variability; level anomaly water; water level.

TÓM TẮT: Theo dữ liệu phân tích mực nước tại Trạm hải văn Sơn Trà (đại diện cho mực nước vịnh Đà Nẵng) trong 20 năm (2000-2019), các phân tích cho thấy sau năm 2013, mực nước dao động mạnh và bất thường không theo các quy luật xảy ra trước đó, điều này cũng đã được ghi nhận tại các công trình nghiên cứu mực nước trong vùng Biển Đông. Đặc biệt sự xuất hiện mực nước trung bình năm dâng nhanh bất thường trong giai đoạn 2015-2018, dấu hiệu của sự biến đổi khí hậu thể hiện ở sự hình thành trạng thái cân bằng mực nước trung bình mới cho vùng nghiên cứu.

ABSTRACT: A 20-year analysis (2000-2019) of water level data from Son Tra hydrological station, representative of Da Nang Bay, was conducted. The analysis revealed that, after 2013, water levels exhibited significant and anomalous fluctuations, deviating from historical patterns. These findings corroborate with other studies on water level changes in the Bien Dong Sea. Notably, the period 2015-2018 witnessed an unusually rapid rise in the annual mean sea level, suggesting a potential influence of climate change and indicating the establishment of a new equilibrium state for the region.

1. Giới thiệu vấn đề nghiên cứu

Để đánh giá sự biến đổi khí hậu tác động lên khu vực nghiên cứu; cần thiết phải hiểu rõ quy luật thay đổi mực nước biển trong quá khứ để xác định đặc điểm xu hướng hiện tại và ước tính các kịch bản trong tương lai. Các phân tích này cho phép đưa ra các giải pháp dựa trên bằng chứng nhằm thực hiện các biện pháp giảm thiểu và thích ứng hiệu quả [1]. Nước biển dâng do biến đổi khí hậu có thể gây ra tác động kinh tế xã hội đáng kể và ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường tự nhiên

và hệ sinh thái ở các vùng ven biển. Sự thay đổi của mực nước biển có thể xảy ra trên nhiều quy mô thời gian và không gian, và có thể có nhiều yếu tố góp phần làm cho mực nước trở thành một thước đo quan trọng của biến đổi khí hậu [2], [3]. Fu và cs. (2021) [4] đã chứng minh sự biến đổi mực nước biển ở Biển Đông qua nghiên cứu bằng phương pháp đo độ cao vệ tinh và dữ liệu đo thủy triều trong 24 năm giai đoạn 1993-2016 đã cho thấy mức tăng $4,42 \pm 0,25\text{mm/năm}$ trong giai đoạn 1993-2016.

Các kết quả nghiên cứu của Fang và cs. 2014 [5] khi quan trắc độ cao bề mặt biển từ chuỗi các số liệu vệ tinh giai đoạn 1993-2010 cho thấy chúng có sự biến đổi thập niên (Decadal) với ba giai đoạn tương ứng 1998, 2001 và 2010 vào mùa hè ở Biển Đông. Mực nước biển có sự gia tăng khá nhanh trong giai đoạn 2006-2010 và cao bất thường vào năm 2010. Trong các nghiên cứu của mình, công trình còn cho rằng các bất thường của chỉ số dao động Thái Bình Dương mang đặc trưng thập kỷ PDO (Pacific Decadal Oscillation index) của vùng trung tâm Tây Thái Bình Dương (dị thường nhiệt độ nước biển trên bề mặt từ vĩ độ 20⁰N trở lên phía cực bắc so với trung bình nhiều năm) có thể tác động vào sự tăng cao của mực nước biển và làm mất đi hệ thống dòng có cấu trúc lưỡng cực trong mùa hè ở khu vực bên ngoài bờ biển Miền Trung Việt Nam. Những nhận định trên cho thấy có sự tồn tại của mối liên hệ giữa độ cao mực nước, hoàn lưu của Biển Đông với chế độ nhiệt nhiều năm của Thái Bình Dương. Các kết quả [5] còn cho thấy sự tăng mực nước trong thời kỳ 1993-2010 sau đó có sự giảm dần và không tăng trong giai đoạn 2001-2005. Sau đó mực nước của Biển Đông tăng trở lại với mức độ nhanh hơn giai đoạn 2006-2010.

Ở Việt Nam, theo số liệu mực nước quan trắc tại các trạm hải văn ven biển, xu thế biến đổi mực nước biển trung bình năm không giống nhau [6]. Hầu hết các trạm có xu hướng tăng, nhưng một số ít trạm lại không thể hiện rõ xu hướng này. Xu thế biến đổi trung bình của mực nước biển dọc bờ biển Việt Nam là khoảng 2,8mm/năm. Số liệu mực nước đo đạc từ vệ tinh từ năm 1993 đến 2010 cho thấy, xu thế tăng mực nước biển trên toàn Biển Đông là 4,7mm/năm, phía Đông của Biển Đông có xu thế tăng nhanh hơn phía Tây [6]. Chuỗi dữ liệu độ cao mực nước biển

trung bình trong 20 năm từ 1993-2012 đã chỉ ra rằng xu thế tăng mực nước trong Biển Đông có thể tách thành các giai đoạn 1993-2001, 2007-2010, còn giai đoạn 2002-2005 mực nước khu vực hầu như không biến đổi [7]. Từ các kết quả phân tích mực nước 20 năm bước đầu có thể nhận xét rằng xu thế diễn biến của mực nước trong khoảng thời gian từ 3-7 năm. Sự tăng bất thường độ cao mực nước trong 2001 và 2010 đều nằm trong thời kỳ hoạt động của La Niña. Từ kết quả này cho thấy độ cao bề mặt nước biển 1993-2012, đã thấy xuất hiện sự gia tăng độ cao mực nước nhanh bắt đầu từ năm 2007, bước đầu có thể nói đã có ảnh hưởng đến sự biến đổi khí hậu trong khu vực Biển Đông [7]. Các phân tích dữ liệu mực nước tại trạm Quan trắc Hải dương học và môi trường biển Cầu Đá trong 42 năm (1975-2016) [8], cho thấy xu thế tăng mực nước bắt đầu từ năm 1999. Trong giai đoạn 42 năm có 02 năm dao động mực nước trung bình năm thấp nhất là 1988 và 1998. Điểm đặc biệt được ghi nhận từ năm 2006 (2006-2016) mực nước trung bình năm đều nằm trên mực nước trung bình nhiều năm. Trên biến trình dao động mực nước trung bình năm cho thấy xu thế tăng mực nước đã xảy ra, xu thế dao động mực nước bắt đầu tăng từ năm 1999. Sự dâng mực nước sau 2006 diễn ra là khá nhanh và không thấy có xu thế suy giảm mực nước. Tại vực nước tỉnh Cà Mau, thể hiện qua trạm đo mực nước sông Gành Hào (địa phận Cà Mau) cho thấy từ năm 2006 đến 2019, mực nước biển dâng nhanh và vượt quá vị trí mực nước biển trung bình trước đó và không có dấu hiệu trở lại vị trí mực nước trung bình ban đầu. Trong đó, từ năm 2017-2019, mực nước đang ở giai đoạn dâng khá cao và chưa có xu thế dừng lại. Phân tích này cho thấy các tác động của biến đổi khí hậu đã ảnh hưởng đến mực nước khu vực Cà Mau [9]. Các kết quả phân tích

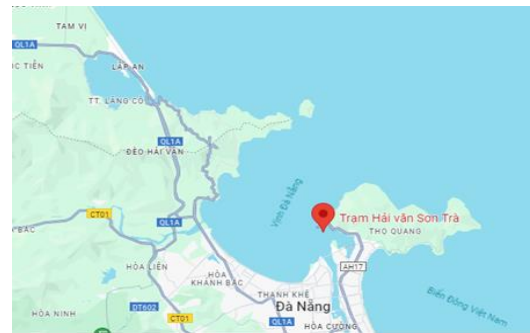
cũng thuộc nhánh sông Gành Hào (địa phận tỉnh Bạc Liêu) cho giai đoạn 41 năm (1979-2019), cho thấy trạng thái mực nước biển có dao động bất thường. Cụ thể có 02 giai đoạn dao động mực nước khá ổn định, đó là giai đoạn (1999-2005) và (2013-2016), tuy nhiên vấn đề cần quan tâm ở đây là mực nước trung bình năm của 2 giai đoạn này chênh lệch khá lớn 20,3cm. Điều này đã minh chứng mực nước trung bình đã chuyển đổi sang trạng thái mới. Trong năm 2017, mực nước dâng cao bất thường với mực trung bình năm vượt 11cm so với năm 2016. Giai đoạn nghiên cứu (2018–2019) (độ chênh lệch mực nước trung bình năm chỉ đạt 0,6cm), cho thấy mực nước có dấu hiệu hình thành trạng thái cân bằng mới [10].

Để xem mức độ ảnh hưởng của biến đổi khí hậu lên mực nước trong vịnh Đà Nẵng, chúng tôi đã sử dụng số liệu đo mực nước tại trạm hải văn Sơn Trà (THVST) (đại diện cho mực nước Vịnh Đà Nẵng) (2000–2019) (20 năm) (thuộc lưới trạm cơ bản của Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia) (Hình 1). Có thể xem đây là nguồn số liệu thực đo khá phù hợp và khách quan trong nhận định tác động của hiện tượng biến đổi khí hậu đến dao động mực nước Vịnh Đà Nẵng.

2. Cơ sở lý thuyết và Phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở dữ liệu

Để nghiên cứu xu thế biến đổi mực nước tại Vịnh Đà Nẵng (dựa trên dữ liệu mực nước của trạm đo hải văn Sơn Trà) (Hình 1) chịu tác động như thế nào dưới góc nhìn của sự biến đổi khí hậu. Các phân tích chi tiết cho các biến đổi theo trung bình tháng, năm, nhiều năm và các giao mùa nhằm tìm các quy luật biến đổi mực nước liên quan đến sự biến đổi này.



Hình 1. Vị trí trạm hải văn Sơn Trà (Vịnh Đà Nẵng)

2.2. Phương pháp tiếp cận

- Sử dụng phương pháp tính toán thống kê truyền thống, tính toán các biến động trung bình của mực nước theo tháng, mùa, năm và nhiều năm.

- Từ chuỗi số liệu mực nước của 20 năm, truy xuất các cực trị và thời điểm xảy ra cực trị, giá trị trung bình của chuỗi số liệu, các thời điểm xảy ra cao hoặc thấp bất thường.

- Sử dụng phương pháp phân tích tổ hợp: các đối tượng có cùng thuộc tính như trung bình mực nước cho các tháng, theo mùa, theo năm, theo giai đoạn năm.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Mực nước trung bình tháng

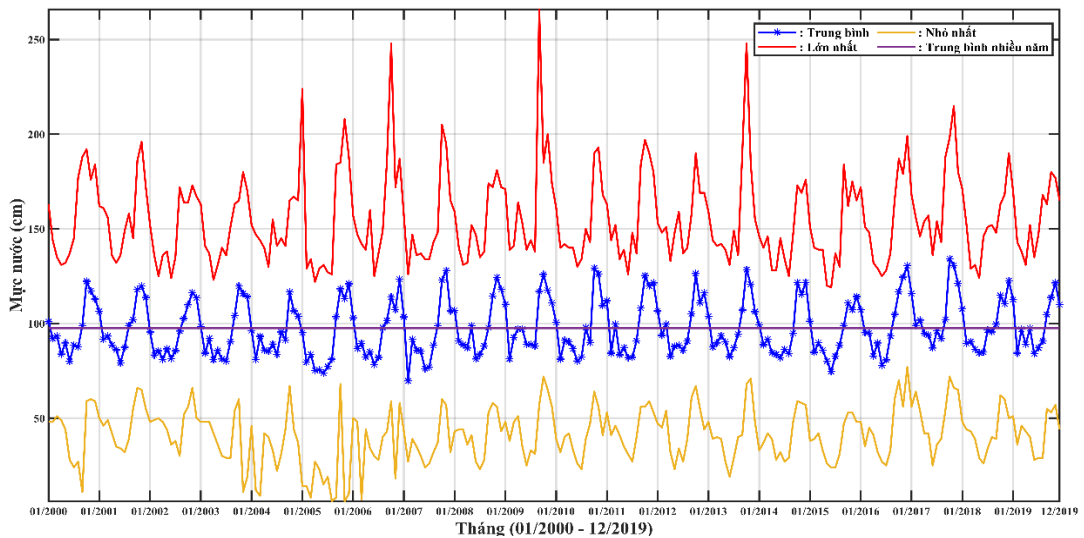
Dựa trên kết quả phân tích chuỗi dữ liệu 20 năm, cho thấy 02 giá trị mực nước dâng trung bình tháng cao nhất trong vịnh Đà Nẵng phân tích được tại THVST đều xảy ra trong năm 2017, cụ thể cao nhất là 134,3cm (tháng 10) và tiếp theo là 130,7 cm (11/2017) (tháng chịu ảnh hưởng của cơn bão lịch sử số 12 (bão Damrey)); thông tin về ảnh hưởng của cơn bão này đã được [11] đề cập đến khi nghiên cứu vấn đề lũ lụt tại sông Đà Rằng – Phú Yên. Trong khi đó, xét 10 giá trị mực nước rút thấp nhất thì đến 4 tháng giá trị mực nước trong năm 2005 và 03 tháng trong năm 2007 (đây là các năm đã xảy ra thời tiết hạn hán nghiêm trọng [12] (Bảng 1).

Bảng 1. Mười (10) giá trị mực nước cao nhất và thấp nhất trong 20 năm (2000 -2019) theo trung bình tháng

Stt	Mực nước cao nhất tháng			Mực nước thấp nhất tháng		
	Năm	Tháng	Mực nước (cm)	Năm	Tháng	Mực nước (cm)
1	2017	10	134,3	2007	2	69,7
2	2017	11	130,7	2005	6	73,8
3	2016	12	130,5	2015	6	74,7
4	2010	10	129,4	2005	4	75,3
5	2013	10	128,5	2005	5	75,6
6	2007	11	128,1	2007	6	76,1
7	2012	10	126,4	2007	7	77,0
8	2010	11	126,2	2005	7	77,2
9	2009	10	125,9	2016	6	78,0
10	2011	10	125,4	2006	6	78,3

Trên Hình 2, thể hiện biến trình mực nước trung bình theo tháng và các giá trị mực nước cao nhất trong tháng đã xảy ra. Trong phân

tích 20 năm, có 10 giá trị mực nước dâng cao nhất và 10 giá trị mực nước rút thấp nhất được phân tích trên Bảng 2.



Hình 2. Biến trình độ cao mực nước (cm) trung bình tháng (01/2000 - 12/2019)

Theo kết quả phân tích mực nước trung bình theo các tháng, thì mực nước cao nhất trong tháng thường vào tháng 10 và thấp nhất vào tháng 06. Khi thực hiện phân tách theo trung bình từng tháng (Hình 3), mực nước trung bình tháng tại khu vực vịnh Đà Nẵng cao thường rơi vào tháng 09-12 và tháng 01 năm sau (05 tháng), và thấp thường xảy ra trong các tháng 2-8. Từ phân tích này, mực nước cao năm thường trong tháng 9-10

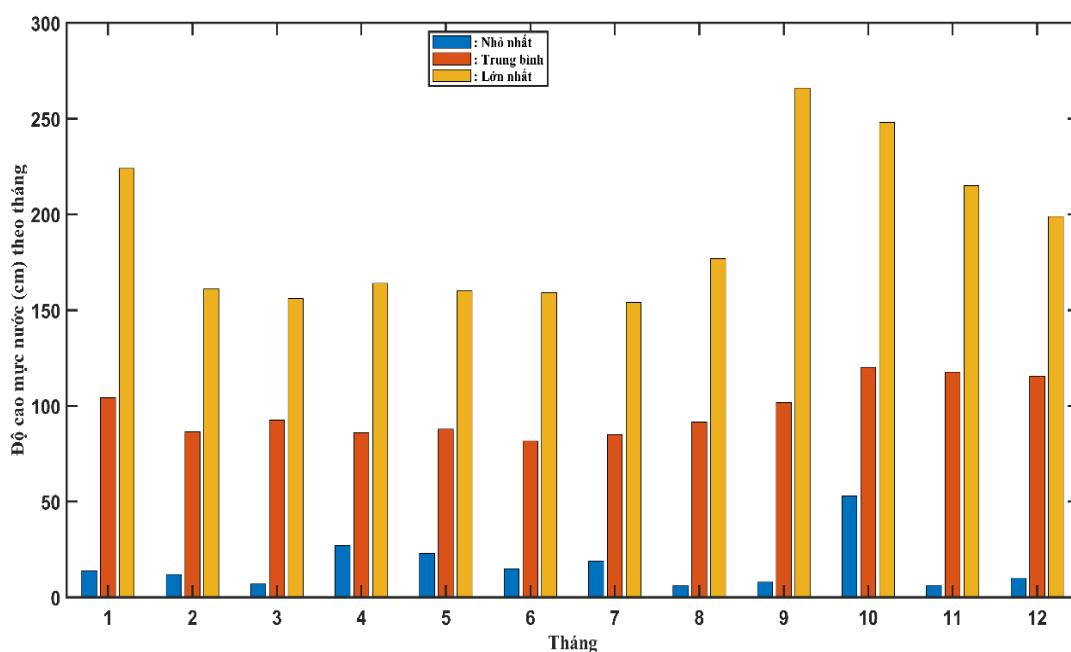
(tháng chuyển tiếp gió mùa trên khu vực Biển Đông từ Tây Nam sang Đông Bắc) và tháng có mực nước thấp nhất là tháng 6-7 (tháng trên vùng Biển Đông đặc trưng cho mùa gió Tây Nam). Trong 20 năm phân tích mực nước, xuất hiện mực nước cao nhất đạt 266 cm (vào lúc 8 giờ ngày 29/09/2009) (chịu ảnh hưởng cơn bão cơn bão số 9 (bão Ketsana)) và mực nước dâng cao thứ 2 trong 20 năm là vào lúc 5 giờ ngày 15/10/2013 (chịu ảnh

hường của bão số 8 (Kompasu)). Xét trên phương diện mực nước trung bình tháng nhiều năm trong 10 giá trị mực nước cao nhất thì có 4 giá trị thuộc trong tháng 10 (chiếm 40%) và 3 giá trị trong tháng 11 (chiếm 30%); và các tháng 1, 12, 9 chỉ xuất hiện 01 lần trong 10 giá trị mực nước lớn nhất trong 20

năm. Kết quả thể hiện trên bảng 3.2. Trong khi đó 10 giá trị thấp nhất trong 20 năm có 3 lần trong tháng 03 (chiếm 30%); và tháng 9, 11 chiếm 20 % (02 lần đạt giá trị thấp nhất) (tháng 11 có thể xem là tháng có giá trị dao động mực nước trong vịnh Đà Nẵng cao); và các tháng xuất hiện 01 lần là tháng 2, 8.

Bảng 2. Mười (10) giá trị mực nước cực trị trong 20 năm (2000 – 2019)

ST T	Mực nước dâng cao nhất					Mực nước rút thấp nhất				
	Năm	Tháng	Ngày	Giờ	Mực nước (cm)	Năm	Tháng	Ngày	Giờ	Mực nước (cm)
1	2009	9	29	8	266	2005	11	3	4	6
2	2013	10	15	5	248	2005	8	29	16	6
3	2006	10	1	9	248	2006	3	30	3	7
4	2005	1	3	1	224	2005	9	2	21	8
5	2017	11	5	23	215	2005	3	23	8	8
6	2005	11	1	11	208	2004	3	9	10	9
7	2007	10	3	1	205	2005	12	8	8	10
8	2009	11	4	22	200	2000	9	11	1	11
9	2016	12	15	23	199	2003	11	1	16	11
10	2017	10	31	20	198	2004	2	11	16	12



Hình 3. Mực nước trung bình tháng cho nhiều năm (2000 - 2019)

3.2. Mực nước trung bình năm

Phân tích theo trung bình năm cho thấy 2 thời điểm mực nước trung bình năm cao, cao nhất trong 20 năm là năm 2017 (105,7cm) (năm xảy ra cơn bão lịch sử, cơn bão số 12 (bão Damrey) đổ bộ vào Phú Yên – Khánh Hòa vào ngày 10/11) và thứ hai là năm 2009 (101,3 cm) (năm xảy ra cơn bão lịch sử cơn bão số 9 (bão Ketsana) đổ bộ vào 2 tỉnh Quảng Nam và Quảng Ngãi vào ngày 1/10)

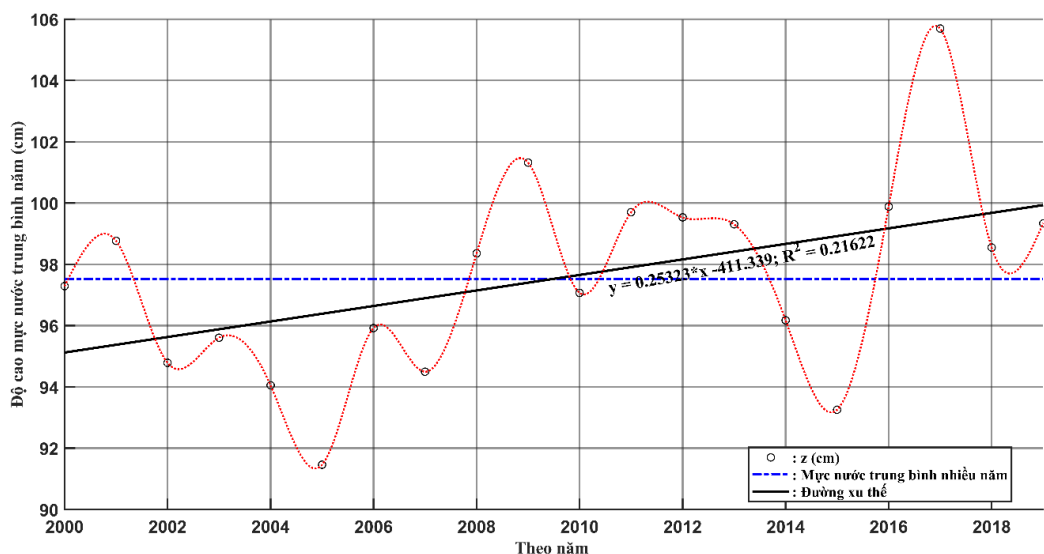
(Bảng 3). Biến trình mực nước trung bình năm trong 20 năm được thể hiện trên Hình 4, cho thấy mực nước trung bình năm đang có dấu hiệu dâng, đặc biệt là sau năm 2013 mực nước trung bình năm có dao động cao bất thường. Điều này, chứng tỏ tính bất thường của giá trị mực nước có liên quan đến sự biến đổi khí hậu đã được đề cập nhiều trong sự bất thường của hiện tượng thời tiết trong những năm gần đây.

Bảng 3. Dao động mực nước (cm) trung bình năm trong 20 năm

STT	Năm	Dao động (cm)	STT	Năm	Dao động (cm)
1	2000	97,3	11	2009	101,3
2	2001	98,8	12	2010	97,1
3	2002	94,8	13	2011	99,7
4	2003	95,6	14	2012	99,5
5	2004	94,0	15	2013	99,3
6	2005	91,5	16	2014	96,2
7	2006	95,9	17	2015	93,3
8	2007	94,5	18	2016	99,9
9	2008	98,4	19	2017	105,7
10	2000	97,3	20	2018	98,5

Fang và cs. (2014) [5] đã có những nhận định mực nước có sự giảm dần và không tăng trong giai đoạn 2001-2005, tương tự như các kết quả đã được ghi nhận trước đó [13-15], các nhận định này khá phù hợp với kết quả phân tích thể hiện trên Hình 4. Sau đó mực nước của Biển Đông tăng trở lại với mức độ nhanh hơn trong giai đoạn 2006 – 2010 [5], trong khi đó phân tích tại vịnh Đà Nẵng, sự tăng nhanh này được diễn ra 2007–2009 (trong 03 năm). Có một ghi nhận đáng chú ý, là từ năm 2013 trở đi, mực nước trung bình

năm tại vịnh Đà Nẵng dao động lớn so với tiến trình mực nước trung bình nhiều năm và có dấu hiệu dịch chuyển đường trung bình mực nước cho giai đoạn mới. Một biến trình mực nước tương đối ổn định, với mực nước trung bình năm gần như không đổi trong chuỗi phân tích 20 năm xảy ra trong giai đoạn 3 năm (2011 - 2013), tuy nhiên trong giai đoạn này có đường mực nước trung bình dâng cao so mực nước trung bình trong 20 năm (khoảng 2 cm) (Hình 4).



Hình 4. Biến trình độ cao mực nước trung bình năm tại trạm Hải văn Sơn Trà

Căn cứ vào kết quả phân tích thực tế tại trạm trong 20 năm theo số liệu từng giờ của THVST, đường xu thế của tiến trình mực nước theo trung bình năm được thể hiện trên Hình 4 theo công thức như sau:

$$y = 0,25323 * x - 411,339$$

Trong đó: y là giá trị xu thế mực nước trung bình năm (cm); x: năm cần tính (hàm phân tích cho giai đoạn 2000 – 2019).

4. Kết luận

Các phân tích dao động mực nước của vịnh Đà Nẵng trong giai đoạn 20 năm (2000 – 2019), theo kết quả phân tích có thể chia thành 3 giai đoạn biến đổi chính:

- Giai đoạn (2002 – 2007) mực nước dao động thấp dưới đường trung bình nhiều năm với mức dao động mực nước trung bình so với mốc cao độ quốc gia tại trạm Sơn Trà 94,4 cm (đường trung bình giai đoạn này thấp hơn 3,1cm so với đường mực nước trung bình nhiều năm (97,5cm)).

Giai đoạn mực nước tương đối ổn định (2008-2013), trong đó giai đoạn (2011-2013) mực nước trung bình năm gần như không đổi. Ở giai đoạn này với mực nước trung bình năm dao động xung quanh vị trí cân bằng mới 99,2cm (dâng cao hơn giai đoạn (2002-2007)

khoảng 4,8cm).

Giai đoạn mực nước dao động mạnh, có dấu hiệu của sự tác động biến đổi khí hậu từ sau năm 2013, xu thế dịch chuyển đường mực nước trung bình năm (trạng thái cân bằng động) ở mức mới cao hơn.

Các phân tích mực nước tại trạm hải văn Sơn Trà (vịnh Đà Nẵng) cho thấy rằng khi đặt vấn đề nghiên cứu theo các giá trị thống kê cần phải chú ý đến sự thay đổi trạng thái cân bằng mực nước trong giai đoạn mới do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, do đó các giá trị thống kê theo trung bình nhiều năm cần phải cân nhắc, xem xét ở thời điểm lấy trung bình và mức độ tin cậy của giá trị này so với thời điểm hiện tại và cần thiết phải mở rộng phạm vi nghiên cứu cho nhiều yếu tố tác động khác với cách tiếp cận mới, khoa học và toàn diện hơn trên quan điểm ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và mực nước biển dâng đến khu vực Biển Đông.

Tài liệu tham khảo

1. A. Cazenave, H. Palanisamy, M. Ablain. (2018). Contemporary sea level changes from satellite altimetry: What have we

- learned? What are the new challenges?, *Adv. Space Res.*, 62, 1639-1653.
2. G.A. Milne, W.R. Gehrels, C.W. Hughes, M.E. Tamisiea. (2009). Identifying the causes of sea-level change, *Nature Geoscience*, 2(7), 471-478.
 3. J.A. Church and N.J. White. (2011). Sea-Level Rise from the Late 19th to the Early 21st Century, *Surv. Geophys.*, 32, pp. 585-602.
 4. Y. Fu, X. Zhou, D. Zhou, J. Li, W. Zhang. (2021). Estimation of sea level variability in the South China Sea from satellite altimetry and tide gauge data, *Advances in Space Research*, 68(2), pp. 523-533.
 5. W. Fang, F. Qiu, P. Guo, P., (2014). Summer circulation variability in the South China Sea during 2006-2010, *Journal of Marine Systems*, 137, pp. 47-54.
 6. Nguyễn Văn Vĩnh. (2017). Nước biển dâng và các giải pháp giảm thiểu. <https://baotintuc.vn> (đăng vào thứ hai, 13/03/2017, trong mục Biển đảo Việt Nam).
 7. Trần Văn Chung, Bùi Hồng Long. (2016). *Ảnh hưởng của trường nhiệt độ và biến đổi bất thường của mực nước trong Biển Đông liên quan đến biến đổi khí hậu*, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển*, 16 (3), ISSN 1859 – 3097, 255 – 266.
 8. Trần Văn Chung, Bùi Hồng Long, Phạm Sỹ Hoàn, Nguyễn Văn Tuấn, *Đặc điểm biến động mực nước trung bình tại vịnh Nha Trang*, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển*, 19[2], ISSN 1859-3097, 2019, 215 – 220.
 9. Trần Văn Chung, Nguyễn Trương Thanh Hội, Cao Văn Nguyên và Lâm Văn Tân, Sự biến động mực nước tại nhánh sông Gành Hào (tỉnh Cà Mau) dưới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, *Tạp chí Khoa học & Công nghệ Đại học Duy Tân*, 03(52), ISSN 1859-4905, 2022, 143-149.
 10. Trần Văn Chung và Nguyễn Trương Thanh Hội. (2022). Đặc điểm biến động mực nước tại sông Gành Hào - tỉnh Bạc Liêu dưới tác động của biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khoa học Đại học Khánh Hòa*, ISSN: 2588-1353, tập 1, số 1, 1 – 6.
 11. Trần Văn Chung, Nguyễn Hữu Huân, Phạm Thị Mai Thy, Xu hướng diễn biến lũ lụt sông Đà Rằng dưới tác động của quá trình biến đổi khí hậu, *Tạp chí Khoa học-Trường Đại học Phú Yên*, số 27 (2021), ISSN 0866-7780, 2021, 44 – 53.
 12. Tran Thuc and Koos Neefjes (edit), *Vietnam special report on managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. Hà Nội: Vietnam Publishing House of Natural Resources, Environment and Cartography, 2015, 456p.
 13. X. Cheng and Y. Qi, Trends of sea level variations in the South China Sea from merged altimetry data, *Global and Planetary Change*, 57(3-4), 2007, pp. 371-382.
 14. P. Swapna, J. Gan, A. Lau and J. Fung, On the warm/cold regime shift in the South China Sea: observation and modeling study, *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 56(7), 2009, pp. 1039-1056.
 15. G. Fang, H. Chen, Z. Wei, Y. Wang, X. Wang and C. Li, (2006). Trends and interannual variability of the South China Sea surface winds, surface height, and surface temperature in the recent decade. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 111(C11), 2006, pp. 1-16.