



Assuandammens påverkan på Nilen, Egypten

Hanna Lehman

Student

Geovetenskaplig litteraturstudie 15 hp
Grundläggande nivå
Rapporten godkänd: 18 november 2013
Handledare: Tord Andersson

The Aswan High Dam's impact on the Nile River, Egypt

Hanna Lehman

Abstract

Regulation of rivers by dams and reservoirs is a good example where anthropogenic impact could be considerable both in the local environment, but also has major implications upstream and downstream. This study was accomplished as a literature study of the river Nile, which is extremely important for water supply. The purpose of this study was to investigate the consequences of the construction of the Aswan High Dam, to obtain a consistent flow for water supply, irrigation and power generation in Egypt. Since Egypt has a very hot and dry climate large amounts of water in reservoir is lost to the Nubian aquifer system and by evaporation. The consequences from constructing the dam are considerable. It has led to the preventing of the annual flooding and a significant reduction in sediment load reaching the outer delta, which has led to an erosion of the delta front. The incoming waves create a current, mainly towards the east, carrying away the eroded material. In order to protect the delta front seawalls and breakwaters has been built. They have stopped the erosion of the areas behind them, but it has also led to the erosion of other areas.

The issues in Egypt reflect the global crisis, mainly in delta areas, which prevail in regulated rivers. The biggest issue globally is the reduced sediment transport to the coast that causes land loss.

Key words: *the Aswan High Dam, human impact, the Nile River, environmental effects, sediment transport.*

Innehållsförteckning

1 Inledning och bakgrund	1
1.1 Reglerade vattendrag	1
1.2 Syfte	1
1.3 Nilen och Assuandammen	1
2 Material och metod	3
3 Resultat	3
3.1 Nassersjön	3
3.1.1 Seismisk aktivitet	3
3.1.2 Läckage och evaporation	4
3.2 Flödesproblematik längs Nilen	4
3.3 Nilens delta	6
3.3.1 Historik och Nildeltats uppbyggnad	6
3.3.2 Erosionsproblematik	7
3.3.3 Skyddsanordningar	9
3.4 Ett globalt problem	9
4 Diskussion	10
4.1 Konsekvenser av Nilens låga flöde	10
4.2 Globala problem	11
4.2.1 Antropogen påverkan på floder	11
4.2.2 Klimatförändringar	12
4.3 Slutsats	13
5 Referenser	14

1 Inledning och bakgrund

1.1 Reglerade vattendrag

Den viktigaste orsaken till att vatten regleras ur ett globalt perspektiv är bevattning och vattenförsörjning (Bergström 1993). Bevattningen och vattenförsörjningen ökar på grund av en växande världsbefolkning och ett modernare samhälle där fler och fler människor behöver tillgång till mat, vatten och energi. För att kunna klara av att odla all den mat som behövs, krävs en jämn produktion inom jordbruket och i stora delar av världen används konstbevattning för att lösa detta problem. Globalt sett har den konstbevattnade ytan fördubblats sedan 1950-talet och vattenuttaget har blivit tre gånger så stort. De största områdena av konstbevattnad jordbruksmark finns vid risodlingarna i Asien (Furn 2007) och bara i Kina finns över 80 000 reservoarer och dammar (Fu 2007).

I Sverige är däremot den största anledningen till dammbyggen att samla upp vatten för att kunna få en jämn elproduktion året runt (Bergström 1993). Detta eftersom Sverige inte använder bevattning i samma utsträckning som i många andra delar av världen. Dock står vattenkraften för ca 45 % av vår totala energiförbrukning (Svensk energi 2013).

Eftersom energiproduktion är ett globalt problem och det moderna samhället förutsätter större produktion av energi, men samtidigt miljövänligare metoder, är de förnybara resurserna viktiga. Då vatten är en förnybar resurs medför det att vattenkraft anses som ett miljövänligare alternativ. Detta innebär att många floder i världen idag är reglerade av dammar och kanaler. Dessa dammar och kanaler påverkar sin närmiljö, men även miljön ovan och nedströms (Nilsson et al. 2005).

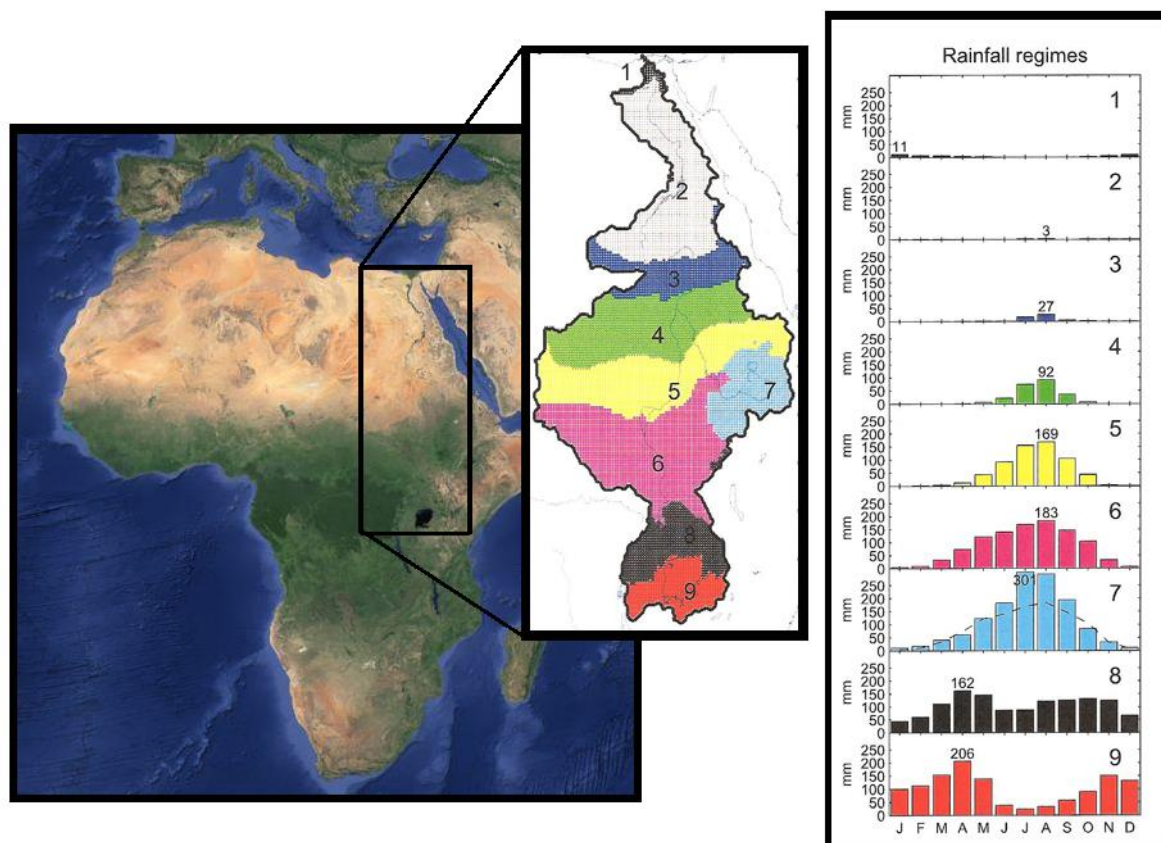
Det är viktigt att förstå vilka faktorer som kan påverka i olika områden innan man bygger en damm. Flöde är ett tydligt exempel eftersom man måste veta hur mycket vatten som kommer att behöva dämmas upp samt hur mycket flödet varierar under året. Om man jämför exempelvis Luleälven och Gula floden, har Gula floden ungefär tre gånger så högt flöde som Luleälven (Bergström 1993, Yunpeng 2005). Dock spelar även andra faktorer in som t.ex. klimat, nederbörds mängd, avrinningsområde osv.

1.2 Syfte

Syftet med den här studien var att undersöka vilka konsekvenser som skett efter regleringen av floden Nilen, i Egypten, genom byggnation av Assuandammen. Arbetet fokuserades på vad som har hänt ovanför, i den uppdämda sjön, längs floden nedströms, samt i deltat vid Medelhavskusten. Konsekvenser av reglerade floder studerades även globalt i korta drag för att se om det finns liknande eller likadana konsekvenser.

1.3 Nilen och Assuandammen

Nilen är en av världens längsta floder och den för med sig stora mängder vatten, sediment och näringsämnen ut till Medelhavet. Nilens avrinningsområde är mycket stort och delas in i 9 olika regimer utifrån nederbörds mängd (Camberlin 2009). En karta över Afrikas vegetationstäckning, Nilens avrinningsområde och medelnederbörden för varje månad i de olika regimerna kan ses i figur 1. Nilen har två stora biflöden som kallas Blå och Vita Nilen (Rosenberg 2010). Den Vita Nilen börjar i regim 9 och rinner från Viktoriasjön, Uganda, i mellersta delen av Afrika, genom södra Sudan och genom Sudan. I Sudan rinner den Vita Nilen samman med den Blå Nilen, som börjar i det Etiopiska höglandet, i regim 7 (McCartney och Girma 2012). Då Nilens avrinningsområde är stort, samt att floden rinner från söder till norr, bidrar det till stor variation i klimat och nederbörd (Camberlin 2009).



Figur 1. Satellitbild över Afrika som visar vegetationen (Google maps) och Nilens avrinningsområde, samt medelnederbörden för varje månad inom olika regimer inom avrinningsområdet (mellan åren 1961-1990). För regim 7 representerar den streckade linjen regim 6 för att underlätta jämförelser (Camberlin 2009).

Före Nilen reglerades svämmade floden över varje år vid flodperioden, som sträcker sig mellan augusti till november (Sharaf El Din 1977). Det innebar att mycket av de näringsämnen som floden förde med sig stannade kvar på åkrarna när flödet minskade och floden återgick till sin normala nivå. Marken blev då bördig och detta gav upphov till den rika civilisation som växte fram här redan före vår tidsräkning (Svahn 2008).

I takt med att Egyptens befolkning växte blev det emellertid svårt att hantera de årliga översvämningarna. Därför byggdes i början av 1900-talet en damm som skulle kunna reglera Nilen till viss del genom att minska fluktuationen och samtidigt ge energi i form av vattenkraft (Rashad och Ismail 2000). Den dammen var dock inte nog effektiv att hålla tillbaka vattnet och därför beslutades det på 1950-talet att en ny och större damm skulle byggas söder om den gamla (Rosenberg 2010), även känd som "Aswan High Dam". Den nya dammens uppgift var att lagra vatten från de högre flödena under året och därför kunna få kontroll över de höga fluktuationerna, samtidigt som elproduktionen i form av vattenkraft och även konstbevattningen fick ett jämnare flöde (Rashad och Ismail 2000).

För att kunna lagra så mycket vatten som Nilen för med sig under flodperioden var ett stort magasin tvungen att byggas. De två tredjedelar av magasinet som ligger i Egypten kallas för Nassersjön och den södra tredjedelen, som ligger på den sudanska sidan, kallas Nubiasjön. Tillsammans benämns de i vissa artiklar som Assuansjön och är ungefär 500 km lång samt 10 till 30 km bred (Metwaly et al. 2006). Människorna som bodde vid kanten av Nilen ovanför dammen var därför tvungna att flytta när vattnet svämmade över flera km² (White 1988). Detta är en av de största konstgjorda sjöarna i världen (Metwaly et al. 2006) och i den här studien kommer främst Nassersjön att beskrivas, men liknande förhållanden råder i hela reservoaren.

2 Material och metod

För att hitta information användes databaserna Web of Science och Nationalencyklopedin, Umeå universitetsbibliotek och Googles sökfunktion Scholar. Viktiga sökord var: the Aswan dam, environmental effects, the Nile River, sediment transport, human impact. Artiklarna användes som en bas att gå vidare från, genom dess referenser, för att vidga sökningen.

3 Resultat

3.1 Nassersjön

När Assuandammen började byggas 1964, började även dess reservoar att fyllas (Gahalaut och Hassoup 2012). Då Nilen hade ett medelflöde på $84 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \text{ år}^{-1}$, vid deltaplanet mellan åren 1899-1959, innan dammen byggdes (Hamza 2006, refererad i Gu, Chen och Salem 2011), var det inte förvånande att reservoaren skulle bli stor. Som en jämförelse mellan Nilen och Luleälven, har Luleälven en medelvattenföring på ungefär $16 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \text{ år}^{-1}$ (Eklund 2010). Nassersjöns vattennivå var 107 m ö.h. före 1974 (Kebeasy och Gharib 1991) och det tog fram till 1978 innan vattennivån i sjön nådde sitt maximum på 177,5 m ö.h. (Selim, Imoto och Hurukawa 2002), emellertid före vattennivån steg över 160 m ö.h. hade Nilen endast svämmat över någon km åt båda håll men den följde ändå Nilens kanalfåra. När nivån steg över 160 m ö.h. flöt floden snabbt utanför fåran och då främst åt den västra sidan (Kebeasy och Gharib 1991). Reservoaren har en total kapacitet på ungefär $162 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ (Selim, Imoto och Hurukawa 2002).

3.1.1 Seismisk aktivitet

Vid Nassersjön finns ett brett nät av förkastningar som varierar i storlek, men den längsta är Kalabshaförkastningen som är 185 km lång. Den ligger väster om Nassersjön och tros ligga bakom jordbävningen, med en magnitud på 5,3 på richterskalan, som inträffade i november 1981 (Fat-Helbary och Tealb 2002, Gahalaut och Hassoup 2012). Det har diskuterats om jordbävningen och dess efterskalv var en följd av den stora mängd vatten som dämts upp vid förkastningszonen och orsakat störningar i spänningsförhållandena. I över 30 fall globalt har det visat att uppdämning av reservoarer och sjöar leder till ökad seismisk aktivitet och magnituden på vissa av dessa kan vara på över 6, medan andra håller sig på mikroskalan. Detta har inte skett vid alla reservoarer och kan anses därför inte som generell och istället beror den seismiska aktiviteten vid reservoaren mycket på hur spänningen och stabiliteten var innan uppdämningen, samt hur den inducerade spänningen ändrar den (Simpson 1976). Reservoaren kan antingen öka eller minska stabiliteten i förkastningszoner beroende på hur geometrin och orienteringen ser ut (Kebeasy och Gharib 1991). I dragkraftsförkastningar är den största spänningen och trycket horisontellt vilket innebär att trycket från belastningen inte ger så stor effekt som vid de förkastningar där spänningen och trycket är vertikalt. När man dämmer upp sjöar vid förkastningar med vertikalt tryck och spänning kan de största seismiska aktiviteterna fås (Simpson 1976).

Enligt en studie gjord av Kebeasy och Gharib (1991), i förkastningsområdet inom det nordvästra området utanför Nassersjön, var den seismiska aktiviteten samlad i olika områden längs förkastningarna och då främst kring Kalabshaförkastningen. De fann även att jordbävningar med liten magnitud förekommit i området redan innan 1981 och att det fanns ett samband mellan översvämmade områden och ökad seismisk aktivitet. Den större jordbävningen tros dock ha tektoniskt ursprung men kan ha utlösts via belastningseffekter. Deras slutsats är att de tre stora faktorerna för ökad seismisk aktivitet i Kalabshaområdet är aktiva förkastningszoner, vattenbelastningen och den tid det tar för vattnet att transporteras ut och in ur porutrymmena i marken (Kebeasy och Gharib 1991).

I en annan studie, av Fat-Helbary och Tealb (2002), undersöktes den seismiska aktiviteten på grund av att myndigheterna vid Assuandammen ville bygga en stenfylld damm vid Kalabsha Valley, i västra delen av Nassersjön. Kalabsha Valley utgör 1/10 av reservoaren och

skulle fyllas med sten för att kunna ta tillvara på det överskottsvatten som varje år försvinner genom läckage och evaporation. De upptäckte genom olika modeller att den seismiska aktiviteten var högre än förväntat och pekade på att det måste tas i beräkning ifall en damm byggs vid Kalabsha (Fat-Helbary och Tealb 2002).

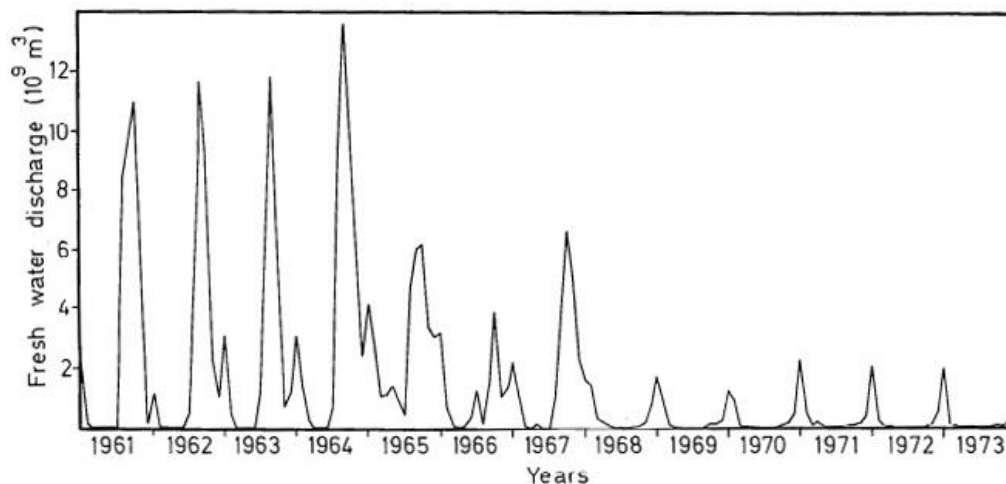
3.1.2 Läckage och evaporation

Ett annat stort problem vid Nassersjön är, som nämnt ovan, läckage och evaporation (Fat-Helbary och Tealb 2002). Nassersjön ligger i ett område som heter "the Nubian sandstone aquifer system" och detta är en akvifär som funnits i östra delen av Sahara i ungefär 25 000 år och enligt modelleringar i GIS innehåller den ungefär $135\,000\text{ km}^3$ grundvatten (Gossel, Ebraheem och Wycisk 2004). Den delen av akvifären som ligger vid Nassersjön och Nilen är påverkat av Nilens vatten, eftersom mycket ytvatten läcker ner i akvifärens grundvatten. De grundare delarna av akvifären är till stor del påverkade medan de djupare delarna bara tar in ytvatten under vissa omständigheter, som i sin tur är beroende av hur sjön och akvifären förhåller sig till varandra (Elewa 2005). Vattenläckaget från reservoaren är en av de faktorer som påverkar vattenbalansen i sjön och man har beräknat, genom en modell, att $2,6 \cdot 10^6\text{ m}^3$ vatten varje år läcker från reservoaren (Metwaly et. al 2006).

Reservoaren är beläget i den del av världen som har ett väldigt varmt och torrt klimat och därför sker en mycket stor evaporation från sjön, som har sitt maximum under sommarperioden (Elsawwaf och Willems 2012). Mätningar som gjordes 1970-1971 av Omar och El-Bakry (1981) visade på en avdunstning på $7,35\text{ mm dag}^{-1}$, vilket ger en maximal vattenförlust på $14 \cdot 10^9\text{ m}^3\text{ år}^{-1}$. En annan studie av Shaltout och Housry (1997) visade, genom satellitbilder och mätning av strålning, att evaporationen varierade inom $10 \cdot 10^9$ till $16 \cdot 10^9\text{ m}^3\text{ år}^{-1}$. Elsawwaf och Willems (2012) gjorde undersökningar och beräkningar under tioårsperioden 1995 till 2004 för att se på variationer inom och mellan åren och resultatet visade på en medeleaporation på $5,88\text{ mm dag}^{-1}$. De räknade på förhållandet mellan vatten- och lufttemperaturen och evaporationens storlek, vilket resulterade i att för åren 1996-1997 och 2001-2002 avdunstade mindre vatten, beroende på en kallare luft- och vattentemperatur (Elsawwaf och Willems 2012).

3.2 Flödesproblematik längs Nilen

Det är inte bara ovanför Assuandammen som stora förändringar har skett. I samband med dammbygget under 1960-talet minskade flödet drastiskt, vilket har haft stor påverkan längs Nilen men framförallt vid deltat. Detta beskrivs mer i nästa kapitel men det minskade flödet kan ses i figur 2. Däremot var det bara 40 % av vattenmängden som släpptes vid Assuan som nådde Medelhavet, eftersom den resterande mängden användes till bevattning eller förlorades genom evaporation (Sharaf El Din 1977).



Figur 2. Variation i flödet av vatten som rann genom Nilens två olika kanaler (Damietta och Rosetta) till Medelhavet mellan åren 1961-1973 (Sharaf El Din 1977).

Stanley och Wingerath (1996) studerade sammansättningen av sedimenten som transporterades av Nilen. De fann ett samband mellan sammansättningen av smektit, kaolinit och flödes hastighet. Vid lägre flöde minskade andelen smektit eftersom en del av materialet fastnade i en deltaformation ovanför dammen. Smektiten transporteras in i Egypten från områden längre uppströms medan kaoliniten är ett eoliskt sediment som inte sedimenterar helt i Nassersjön, vilket innebär att byggnationen av dammen och det minskade flödet har lett till en spridning i ökad kaolinithalt i förhållande till smektiten. Den nya fördelningen, som innehåller minst 30 % kaolinit, sprider sig norrut och hade nästan nått Qena, ca 350 km norr om dammen, när studien genomfördes. Den nya kaolinithalten har hittills rört sig med ca 10 km år⁻¹ och tros nå deltat vid slutet av 2000-talet, vilket tyder på en minskad flödes hastighet (Stanley och Wingerath 1996). En presentation av den procentuella fördelningen under Holocen och fördelningen före Holocen kan ses i tabell 1.

Tabell 1. Procentuell fördelning av smektit, kaolinit och illit både för Stanley och Wingeraths (1996) studie och för andra studier, som har undersökt fördelningen av dessa lermineral före och efter Holocen (Stanley och Wingerath 1996).

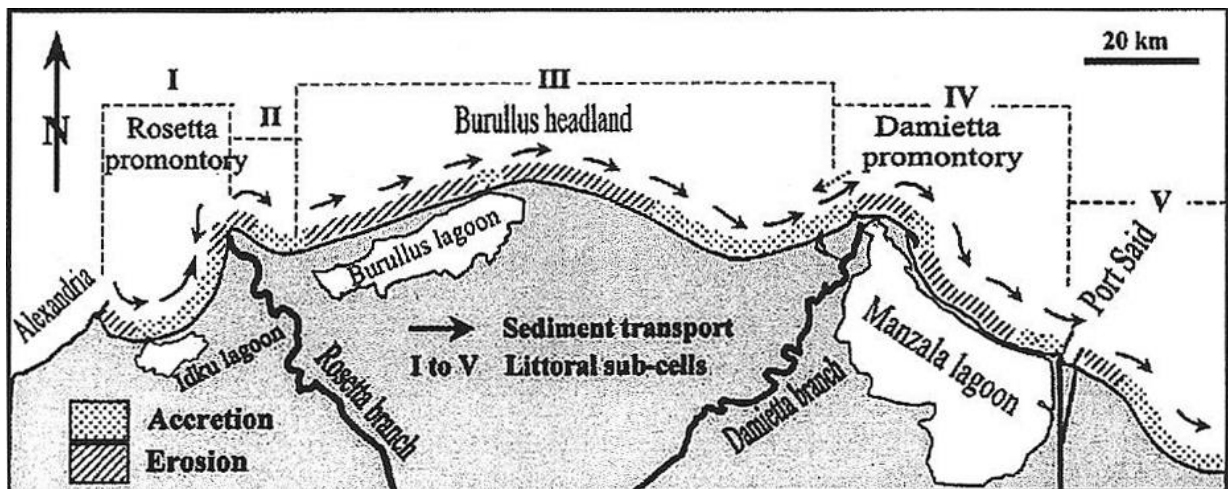
Ålder	Provets ursprung	Område	Referens	Mineraler (%)			
				Smektit	Kaolinit	Illit	
Holocen till Modern	Lägre Nilen	Nilen kanalen	Stanley och Wingerath (1996), Qena och söderut	57	26	17	
		Nilen kanalen	Stanley och Wingerath (1996), Norra Qena.	73	19	8	
		Nil-22 kanalen	Stanley och Wingerath (1996).	26	71	3	
		Nilen banken	Stanley och Wingerath (1996), Qena och söderut	68	26	6	
		Nilen banken	Stanley och Wingerath (1996), Norra Qena.	68	26	6	
		Nil-22 banken	Stanley och Wingerath (1996).	42	49	9	
		Wadis	Stanley och Wingerath (1996).	38	53	9	
	Delta	Södra Kairo	Abu-Zeid och Stanley, 1990	77	13	10	
	Nassersjön	Norra Abu Simbel	Ahmed et al., 1993	43	40	17	
			Norra Abu Simbel	Hassan et al., 1979	63	30	7
			Norra Abu Simbel	Higazy et al., 1986	47	51	2
			Norra Abu Simbel	Higazy et al., 1986	47	51	2
Eolian	Sydöstra medelhavet	Chester et al., 1977	5	53	42		
		Kairo	Stanley, 1993 och Stanley och Wingerath (1996).	29	42	29	
Före Holocen	Yngre Pleistocene	Delta	Abu-Zeid och Stanley, 1990	63	27	10	
		Korosko Fm	Butzer och Hansen, 1968	37	23	40	
		Masmas Fm	Butzer och Hansen, 1968	61	12	27	
		Äldre Pliocene	Lägre Nilen	Ahmed et al., 1993	70	30	0

Det låga flödet och bristen på sediment har lett till att Nilen har börjat meandra. Sedimenttransporten har minskat från 160 till 178*10⁶ ton år⁻¹ före 1960-talet till nästan ingen transport alls idag (Sharaf El Din 1974, refererad i Gu, Chen och Salem 2011, 1807). Den låga sedimenthalten i floden har ökat erosionsförmågan och minskat depositionen. Det nya förhållandet gör att öar byggs upp på nya platser i flodfåran och redan befintliga öar eroderas ner till nya former eller försvinner helt. Detta är ett stort problem för de människor som bor längs med Nilen och på de öar som riskerar att försvinna (Ahmed och Fawzi 2011).

Ett annat problem med det minskade flödet, och som har studerats av Elwaseif et. al (2012) i Luxor, Egypten, är saltackumulation i bland annat monumenten längs Nilen. Saltet fångas i monumenten genom kapillärstigning av grundvatten och förr sköljdes detta bort vid översvämningarna, men nu när dessa har försvunnit stannar saltet kvar och angriper monumenten (Elwaseif et. al 2012).

3.3 Nilens delta

Konstruktionen av Assuandammen och den påföljande kraftiga reduktionen av vattenflöde har inte bara fått konsekvenser längs Nilen. Enbart $5 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \text{ år}^{-1}$ når deltat jämfört med de $55,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ som varje år släpps från dammen (Frihy och Lawrence 2004). Det innebär att det inte bara är ett lågt flöde av vatten utan även en mycket låg tillförsel av sediment (Frihy, Debes och El Sayed 2002) och eftersom deltas form är beroende av hur mycket sediment som tillkommer samt hur mycket som eroderas bort, är det viktigt att balansen mellan dessa processer hålls någorlunda konstant. När Assuandammen byggdes började över 98 % av materialet att sedimentera i Nassersjön (Stanley och Warne 1993) och därmed rubbades balansen i deltat, vilket har medfört stora konsekvenser. Då hela två tredjedelar av Egyptens befolkade yta finns här innebär det stora problem om landyta försvinner (Stanley och Warne 1993) och en bild av hur Nilens delta är uppbyggt idag kan ses i figur 3. Ytterliggare ett problem med lågt flöde är att saltvatten tränger in ungefär 12 km in i Damiettakanalen, respektive 26 km in i Rosettakanalen (Frihy och Lawrence 2004).



Figur 3. En överblick på det moderna Nilendeltat och dess olika områden, samt erosion- och depositionsmonstret (Frihy, Debes och El Sayed 2002).

3.3.1 Historik och Nildeltats uppbyggnad

Det moderna Nilendeltat började ta sin form för ca 7500 år sedan då den snabbt stigande havsnivån började bromsas in såväl som den snabba tillförseln av sediment. På grund av en lägre havsnivå, samt en högre sedimenttillförsel var våg- och strömpåverkan inte lika stor som den är idag (Stanley och Warne 1993) och därför var deltat floddominerat under denna tidsperiod. För ca 6500 år sedan hade deltat en huvudkanal, Sebennitic, som transporterade den största mängden vatten och sediment till Medelhavet. Sedimentet bestod till största del av sand och byggde upp deltat i en mer toppig profil än vad som ses idag (Stanley och Warne 1993).

Det bildades fler mindre kanaler i deltat med tiden och för ca 4000 år sedan fanns fortfarande Sebennitic, men den kanalen var inte lika stor. Klimatet hade blivit torrt samt att flödet i kanalerna inte längre var lika högt och det ledde till att under denna period förändrades Nilens delta från ett floddominerat delta till ett vågdominerat delta, vars form var mer välvd än innan. Denna form fortsatte att utvecklas under de årtusenden som följde (Stanley och Warne 1993).

Under de första 1000 åren efter vår tidräkning började två huvudkanaler ta form, Rosetta och Damietta. Dessa kanaler var då de enda som förde sediment ut till Medelhavet och därför bildades två uddar vid deras utlopp (Stanley och Warne 1993). De är än idag de två stora kanalerna som mynnar ut i Medelhavet.

Under 1800-talet var sedimenttillförseln i Nilen mycket högre än det är idag, ca $200 \cdot 10^6$ ton år^{-1} , och det har berott på ett högre flöde som tros vara en konsekvens av en större nederbördsmängd. Den högre tillförseln ledde därför till att deltat växte till under 1800-talet. Under 1900-talet däremot minskade sedimenttillförseln och det berodde inte bara på att Assuandammen byggdes 1964, utan det tros även bero på lägre nederbördsmängd. Tillförseln av sediment har haft ett medelvärde på $16 \cdot 10^6$ ton år^{-1} under 1900-talet vilket innebär att deltat började eroderas (Frihy och Khafagy 1991).

Den näst intill obefintliga sedimenttillförseln har medfört stora problem för deltat. Balansen som förut fanns mellan deposition och erosion har nu rubbats. Idag kommer sedimenten främst från strömmar längs kusten samt eoliska processer (Stanley och Warne 1993), vilket inte räcker för att upprätthålla balansen.

3.3.2 Erosionsproblematik

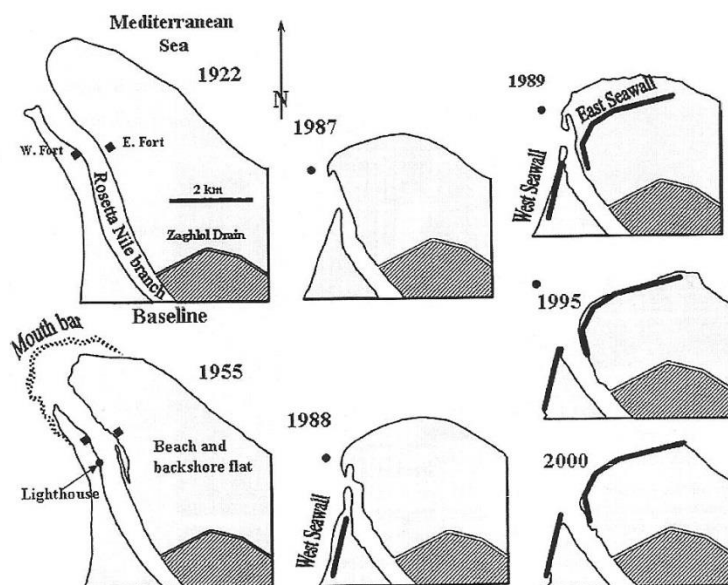
Deltat har sedan lång tid tillbaka varit påverkat av Nilens årliga översvämningar, men även vindar, strömmar och vågor vid kusten. Vid lågt flöde ökar erosionen, samt under vinterperioden november fram till mars (Blodget, Taylor och Roark 1991) och 54 % av Nilendeltats 240 km långa kust är utsatt för erosion, medan det för resterande 46 % deponeras sediment (Frihy och Komar 1993).

Vågorna som eroderar kusten kommer generellt från NO-NNV (Frihy, Debes och El Sayed 2002). De har en medelhöjd på 0,5-1 m men kan även vara upp mot 2 m, speciellt under vintrarna (Stanley och Warne 1993). Dessa vågor bildar kustnära strömmar som för med sig material från erosionszoner till depositionszoner längs kusten (figur 3) och den dominerande strömriktningen går åt öst, men kan vid vissa platser och tillfällen även gå åt väst (Frihy, Debes och El Sayed 2002). Detta har varit relativt konstant under tidig Holocen (Stanley och Warne 1993).

Den största erosionen sker vid spetsen på Rosetta- och Damiettauddarna. Det eroderade materialet transporteras sedan bort av de kustnära strömmarna och deponeras i bukterna längre österut, vilket även har lett till att en sandformation (spit) har bildats bakom Damiettaudden. Erosionen och depositionen leder till en utjämnning av kustlinjen. Områdena i västra deltat, beläget innan Rosettaudden, är också utsatta för erosion och strömmar, där materialet även här transporteras österut och deponeras framför uddarna (Frihy, Debes och El Sayed 2002).

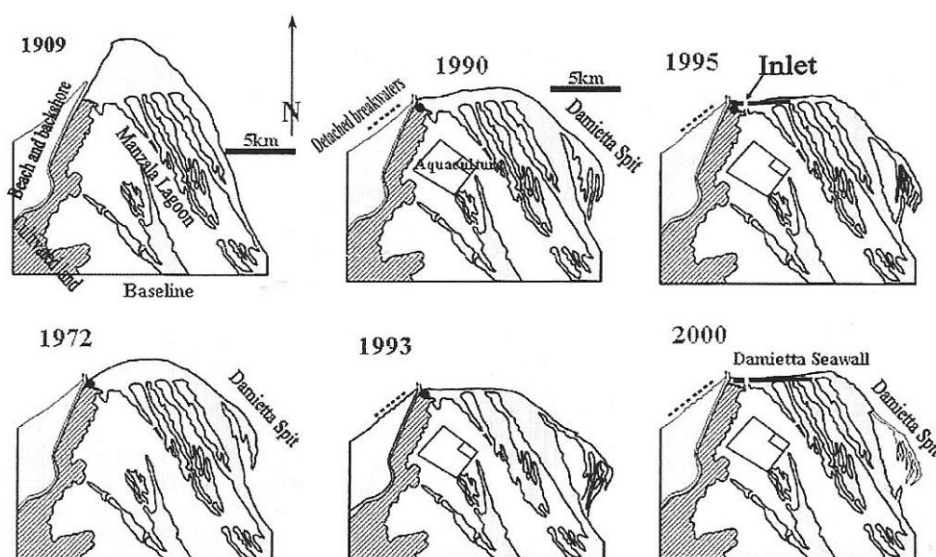
Som nämnt ovan skedde utbyggnad av deltat under 1800-talet och under 1900-talet skedde tillbakadragande av kustlinjen (Frihy och Khafagy 1991). Blodget, Taylor och Roark (1991) gjorde en studie baserat på satellitbilder för att se hur kustlinjen för Rosettaudden hade förändrats under 1972-1987. De studerade bilderna under treårsperioder och kom fram till att under de 15 åren hade strandkanten dragit sig tillbaka med hela 2 km, men att den maximala erosionen skiljde sig från år till år. Det visade sig även att mellan 1978-1981 skedde påbyggnad av udden och efter detta följde en period av erosion mellan 1981-1984, för att sedan börja byggas på igen (Blodget, Taylor och Roark 1991). En bild över Rosettauddens utveckling kan ses i figur 4.

Den största erosionen och reduktionen av kustlinjen sker vid Rosettas udde (Frihy, Debes och El Sayed 2002) och den var mer förlängd i början av 1900-talet men har nu eroderats ner. Ett bevis på detta är den fyr som byggdes vid mynningen till Medelhavet år 1942 (figur 4) eftersom den år 2000 befann sig 1,7 km från land. Rosettas kustlinje har dragits tillbaka mellan 1922 och 2000 med ett medelvärde på $43 \text{ m } \text{år}^{-1}$ och efter byggnationen av Assuandammen, mellan 1972 och 1995, ledde den ökade erosionen till att kusten drogs tillbaka med en hastighet på till $67 \text{ m } \text{år}^{-1}$ (Frihy och Lawrence 2004). Erosion av Rosettas udde sker idag med en hastighet av $96,5 \text{ m } \text{år}^{-1}$ och depositionen i bukterna ligger på $16,8 \text{ m } \text{år}^{-1}$ (Frihy, Shereet och Banna 2008).



Figur 4. Modifierad bild tagen från Frihy och Lawrence (2004) beskrivande utvecklingen av Rosettas udde under tidsperioden 1922-2000. Erosion av udden, samt skyddsvallarna kan ses i bilden (Frihy och Lawrence 2004).

Damietta har haft liknande förhållanden med erosion av spetsen på udden och deposition i bukterna, framförallt i öster (figur 5). Dock är inte reduktionen av kustlinjen lika stor här som vid Rosetta och medelerosionen mellan 1922 och 2000 har varit 23 m år⁻¹, men efter att dammen byggdes ökade den till 52 m år⁻¹ (Frihy och Lawrence 2004).



Figur 5. Modifierad bild tagen från Frihy och Lawrence (2004) beskrivande Damiettans olika stadier under tidsperioden 1909-2000 och byggnationen av de olika skyddsanordningarna, samt utvecklingen av Damiettans spit (Frihy och Lawrence 2004).

Genom att ta sedimentprover från deltats laguner undersökte Gu, Chen och Salem (2011), med hjälp av modeller, olika sedimentationshastigheter i lagunerna och hur dessa hastigheter har förändrats. De visade att sedimentationshastigheterna hade minskat sedan 1960-talet men att hastigheterna i två av tre laguner hade ökat sedan 1980-talet. Detta tros bero på den yta i dessa laguner som förlorats till motorvägar, urbanisering och jordbruk (Gu, Chen och Salem 2011).

3.3.3 Skyddsanordningar

Sedan början av och strax före 1990-talet har olika skyddsanordningar byggts vid Rosetta och Damiettans uddar för att minska erosionen (figur 4 och 5). Vid Rosettas udde byggdes mellan 1989-1991 två stora vallar, bestående av betongblock, på varsin sida om mynningen och dessa är 1,5 respektive 3,35 km långa samt har en variation i bredd på 48-70 m (figur 4) (Frihy, Debes och El Sayed 2002). Deras avstånd till kustlinjen varierar mellan 0-0,6 km, men redan år 2000 låg kustlinjen efter hela vallarna (Frihy och Lawrence 2004). De har dock stoppat den stora erosion som påverkade spetsen på udden, men den eroderande zonen har istället flyttats till ändarna på vallarna och varierar i storlek mellan 3 och 13 m år^{-1} , vilket är en minskning av erosionshastigheten. Det har även byggts fem vågbrytare, i storleksordningen 400-500 m, utanför kusten för att motverka erosion (Frihy, Debes och El Sayed 2002).

För att motverka erosion av Damiettans udde, samt öka stabiliteten, byggdes två stora förlängningar (jetties) vid utloppet, 240 m och 290 m vardera. Även här har vågbrytare byggts, samt en 6 km lång vall som går i riktningen O-V på östra sidan om Nilens mynning (figur 5) (Frihy och Lawrence 2004). Den stora skillnaden i deposition mellan Rosetta och Damietta är att öst om Damietta har en spit i sydöstlig riktning formats sedan 1972 och är beläget 14 km öster om Nilens mynning (Frihy och Lawrence 2004). Då mycket av sedimentet deponeras vid spiten leder det till att kuststräckorna söderut får mycket lägre sedimenttillförsel. Det kan även finnas en risk att spiten slutar växa på grund av minskad erosion och därmed minskad sedimenttillförsel som en konsekvens av skyddsåtgärderna (Frihy, Debes och El Sayed 2002).

Mellan Rosetta och Damietta ligger ett område som kallas Burullus. Burulluskusten är utsatt för både erosion samt deposition och här finns även ett 8 km långt sanddynssystem, vilket man har försökt bevara genom att bygga vågbrytare och jetties längs kusten mellan 1993-2001 (Frihy, Debes och El Sayed 2002).

En studie, som gjordes av Frihy, Shereet och Banna (2008), undersökte vilken effekt Rosettauddens vall har haft på sin omgivning. De kom fram till att vallarna har förändrat erosionshastigheterna och att de har lyckats skydda de områden som är beläget bakom dem. Dock har erosionen fortsatt vid havssidan och har gjort att systemen där inte når jämvikt lika fort (Frihy, Shereet och Banna 2008).

3.4 Ett globalt problem

Det är inte bara i Egypten som antropogen påverkan genom byggnation av dammar har fått konsekvenser. Antalet reglerade vattendrag har ökat efter andra världskriget (Syvitski et al. 2005) och idag finns det över 45 000 dammar som är högre än 15 m globalt sett (Nilsson et al. 2005).

Transporten av suspenderat material i floderna är globalt sett beräknad till $12,6 \cdot 10^9$ ton år^{-1} . Dock borde den totala mängden vara $16,2 \cdot 10^9$ ton år^{-1} , eller $17,8 \cdot 10^9$ ton år^{-1} om man räknar med bottentransporten, men de stora reservoarerna stoppar upp 20 % och de små 6 % av materialet. Det är framförallt i Asien som sedimenttransporterna till kusterna har minskat, men när area, sedimenttransport och flöde jämförs globalt är det stora inlandssjöar, Svarta havet och Medelhavet som har påverkats mest av reservoarsbyggen (Syvitski et al. 2005).

I Gula floden, i Kina, har det också skett en minskning i sedimentflödet. Sedimenttransporten var i genomsnitt $1,6 \cdot 10^9$ ton år^{-1} mellan åren 1950 och 1977, men efter 1980 minskade transporten med ca 50 % på grund av förbättrade sedimentfällor där sedimentet fastnar, större vattenuttag och en lägre nederbördsmängd (Syvitski et al. 2005). Den minskade tillförseln av material har lett till att Gula flodens delta inte längre är i en jämvikt utan, på samma sätt som Nilens delta, har börjat eroderas ner. Kustlinjen hade en maximal erosionshastighet på $0,51$ km år^{-1} mellan åren 1976-1998 (Fan, Huang och Zeng 2006).

Ett annat uppmärksammat dammprojekt är byggandet av Three Gorges Dam i Kina, vilket har fått stor uppmärksamhet på grund av dess omfattning och påverkan på miljön (Xu, Tan och Yang 2013). Three Gorges Dam är en av världens största dammar och den färdigställdes år 2009. Dess reservoar har en kapacitet på $58 \cdot 10^9$ m³ (New och Xie 2008) och marken som dammen är byggd på är instabil, även om det saknas stora förkastningar som vid Nassersjön. En instabil grund skulle därför kunna öka den seismiska aktiviteten, i alla fall i vissa områden kring dammen. Den är dock fortfarande så nybyggd att det inte är säkert att miljöproblem och dylikt har uppdagats ännu (Xu, Tan och Yang 2013).

Även i andra delar av världen finns konsekvenser av reglerade floder. I södra Afrika finns Zambezifloden som är den fjärde största floden i Afrika och den lägre delen av floden är reglerad av två stora reservoarer, vilka har haft stor påverkan på vattenflödet, sedimenttransporten och morfologin längs floden (Ronco et al. 2010). I delstaten Washington, USA, rinner Elwhafloden som är reglerad av två dammar, vilka har påverkat flodens vågdominerande delta genom minskad sedimenttransport. Dammarna stod klara år 1913, respektive 1927 och den minskade sedimenttransporten har lett till att deltat vid utloppet har börjat eroderas bort, med en genomsnittserosion av kustlinjen på ca 0,6 m år⁻¹ från 1939 till 2006 (Warrick et al. 2009). Huaihefloden i Kina har totalt 5674 dammar och reservoarer och har dessutom en högre befolkningstäthet än genomsnittet i landet. Dammarna och reservoarerna får stora konsekvenser på balansen mellan hydrologin och ekosystemen, vilket framför allt observeras vid torrperioderna, eftersom floden och reservoarerna även är påverkade av föroreningar (Hu et al. 2008).

4 Diskussion

4.1 Konsekvenser av Nilens låga flöde

Egypten är starkt beroende av Nilens vatten, både för vattenuttag till bevattning och till vattenförsörjning, samt för vattenkraft. Det innebär att landet är känsligt för allt som leder till ett minskat flöde i floden. I Figur 1 kan det observeras att regimerna skiljer sig stort från varandra och Egypten befinner sig inom regim 1 och 2. Det medför att det är mycket liten nederbörd i landet och att de är beroende av det vatten som Nilen transporterar från de andra regimerna längre söderut.

Etiopen tillhör till stor del regim 7 och det Etiopiska höglandet får ta emot den största nederbördsmängden under sommaren, för alla regimerna. Detta gör att Blå Nilen, som börjar här, är mycket viktig för flödet i hela Nilen. I Etiopien leds just nu Blå Nilens vatten om, för att kunna bygga en ny jättedamm, något som oroar Egyptens regering. Blå Nilen rinner visserligen genom Sudan också, men enligt landets regering kommer de inte att beröras i någon stor utsträckning av dammbygget. Dammen ska användas för vattenkraft och inte för bevattning, men flödet kommer ändå att minska (Engler 2013), vilket även kan komma att påverka Sudan. Eftersom Etiopien också har torrperioder (Strahler och Strahler 2005) kommer det att krävas att ett stort magasin byggs för att kunna förvara vattnet och få en jämn elproduktion.

Eftersom reservoarerna byggs i områden som har torrperioder, kommer en stor del av vattnet att försvinna genom evaporation under de perioderna. I Blå Nilens fall kommer i så fall detta att leda till en minskning av dess vattenmagasin och därför även dess flöde. Om flödet minskar ännu mer kan det få stora konsekvenser i framförallt Egypten som får 60 % av sitt vatten från Nilen (Engler 2013). Jordbruket längs Nilen, i Egypten, är redan hårt drabbat av att sediment och näringsämnen fastnar i Nassersjön ovanför dammen och därför använder bönderna stora mängder konstgödsel varje år för att kompensera för förlusten av näringsrikt vatten (Svahn 2008). De måste även lägga stora kostnader för att förhindra saltansamlingar

på åkrarna eftersom Nilen inte längre svämmar över och för bort saltet (Axelsson och Hubendick 2013).

Frihy och Khafagy (1991) visade att flödet i Nilen hade minskat sedan 1800-talets slut, redan innan Assuandammen byggdes, och det tros bero på lägre nederbördsmängd, vilket skulle innebära att det pågick erosion av deltat redan innan 1960-talet och därmed en reduktion av kustlinjen. Däremot ökade erosionen efter att dammen byggdes eftersom flödet minskades drastiskt. Ett ännu lägre flöde idag i Nilen skulle kunna leda till att deltat påverkas mer, då det innebär en minskad sedimenttransport till deltat, vilket skulle kunna ge en ökad erosion. Det är dock oklart hur förhållandena kan komma att se ut på grund av skyddsanordningarna som byggts vid uddarna. Det skulle kunna leda till en ökad erosion av ändarna på vallarna, samt en borterrosion av spiten vid Damietta på grund av minskad sedimenttillförsel. Om flödet minskar ännu mer skulle även saltvatten från Medelhavet kunna tränga längre in i deltat och påverka ekosystemen där.

Stanley (1996) kom däremot fram till att det största problemet av minskad sedimenttillförsel till deltafronten hade till stor del att göra med att sedimentet fastnar i konstgjorda kanaler samt i våtmarker i norra delen av deltat. Detta medför att den redan minskade andelen sediment som når deltat inte kommer att bygga på deltafronten, utan stanna kvar på själva deltaplanet (Stanley 1996). Ett annat problem som uppstått är att tungmetaller också stannar kvar på dessa platser och vissa av dem är hälsofarliga, vilket medför problem för deltats befolkning (Howell och Allan 1994, refererad i Stanley 1996). Om då flödet skulle minska ytterligare skulle det kunna leda till att ännu mer sediment och tungmetaller fastnar i deltat och aldrig når deltafronten. Vilket skulle medföra ytterligare minskade sedimenttransporter till fronten och att mer skadliga metaller fastnar i kanalerna och i våtmarkerna.

4.2 Globala problem

4.2.1 Antropogen påverkan på floder

Det är inte bara i Egypten som man har sett konsekvenserna av dammbyggen. Reglerade vattendrag finns över hela världen och det leder till både lokala och regionala, samt korta och långsiktiga konsekvenser. Vilka konsekvenser som uppstår och hur stora de blir beror på var i världen man befinner sig. Generellt verkar det som att seismisk aktivitet, läckage och erosion av kanalkanter är stora problem längs med floderna och i reservoarerna. Vid utloppen och deltaplanen är det främst den låga sedimenttillförseln som ställer till stora problem runt om i världen. Syvitski et al. (2005) konstaterar, från data innan dammar byggdes i floderna, att sedimenttransporten till kusterna borde öka eftersom floderna generellt sett borde vara mer sedimentrika, men istället stoppas den ökade transporten av reservoarer i de floder som är reglerade (Syvitski et al. 2005). Kustlinjerna eroderas ner när balansen mellan tillförsel och borttransport av material rubbas och därför kan det leda till negativa effekter. I Egyptens fall, där den största befolkningens mängd finns i deltat, är det ett mycket känsligt område för störning, speciellt då det innebär förlorad landyta. Skydden som byggts för att minska erosionen på deltat verkar fungera i stor utsträckning genom att erosionen på de områden som ligger bakom har stoppats, men samtidigt eroderas nya områden, vilket kan ge upphov till att deltaformen kommer att förändras.

Det är dock inte bara genom dammbyggen som människan påverkar sedimentflödet i floder. Även avskogningen, gruvnäringen, jordbruksmetoder och urbanisering påverkar sedimentförhållanden, både genom ökning eller minskning av sedimenttillförseln (Syvitski et al. 2005). Vid Gula floden började man hugga ner skogen redan för hundratals år sedan, men för ungefär 40 år började den antropogena aktiviteten att öka ännu mer i området, vilket har lett till effekter både på avrinning och sedimenttransport (Xu och Cheng 2002). Man har byggt både reservoarer och dammar, men även speciella sedimentfällor för att fånga upp sedimenten och dessutom har terrasser byggts, samt att man börjat plantera för att bevara vatten och mark. Alla dessa åtgärder och byggen har lett till en minskad sedimenttransport i

Gula floden, men sedimenttransporten har dock ökat lite igen sedan ett flertal stenkolsfält har tagits i bruk i avrinningsområdets mitt (Xu och Cheng 2002). Det visar på att den antropogena påverkan både kan bli positiv och negativ i frågan om sedimenttransporten. Den behöver alltså inte alltid minska, men i frågan om reservoarer och dammar betyder det en sedimentminskning eftersom de stoppar upp materialet.

Då överbefolkningen är ett stort problem på jorden, samt att människan fortsätter att öka i antal, krävs det att jordbruket levererar en jämn produktion av grödor. Konstbevattningen bidrar då till en ökad produktion, samt en minskad risk för dåliga skördar (Bernes och Lundgren 2009). Dock påverkar vattenuttaget flödet i floderna och hur stor den påverkan blir beror helt på hur stort uttaget av vatten är, samt hur högt flödet är. Globalt sett är jordbruket en stor faktor som påverkar flödet i vattendragen och det skulle även kunna få en större påverkan i takt med att jordens befolkning ökar. Jordbruket ger även upphov till andra miljöproblem och effekter på ekosystem genom läckage av gödningsmedel och näringsämnen till vattendrag, sjöar och hav (Bernes och Lundgren 2009).

4.2.2 Klimatförändringar

Klimatförändringarna är ett stort globalt problem som drabbar olika platser på jorden på olika sätt. FNs klimatpanel IPCC har tagit fram fyra olika scenarion för framtiden som kallas Representative Concentration Pathways (RCP) och grundar sig på hur stor nettoeffekten är mellan den inkommande strålningen till jorden och den utgående strålning från jorden, vilket mäts i $W m^{-2}$ och låg år 2000 på ungefär $2 W m^{-2}$ (Stocker, Dahe och Plattnet 2013). Scenariona benämns RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 och RCP8.5, där RCP2.6 är det bästa scenariot där summan tros nå en nivå på $3 W m^{-2}$ år 2100 för att sedan minska. För RCP4.5 och RCP6.0 sker troligen en ökning till 4,5 respektive 6,0 $W m^{-2}$ fram till 2100 för att sedan stabilisera sig. Däremot för RCP8.5, som är det värsta scenariot, tros summan nå en nivå över $8,5 W m^{-2}$ för att sedan fortsätta öka även efter 2100 (Stocker, Dahe och Plattnet 2013).

Ett av problemen med klimatförändringarna som börjar få konsekvenser i kustnära områden, är de förändringar som leder till en höjning av havsnivån. Gula flodens delta har blivit uppmärksammat på grund av att deltat sjunker med $5 mm \text{ år}^{-1}$ och det beror på uttaget av olja, gas och grundvatten. Tillsammans med en stigande havsnivå har beräkningar gjorts som visar på att 2030 kommer havsnivån minst ha stigit med 25-30 cm (Fan, Huang och Zeng 2006). Nilens delta är, tillsammans med Mississippis, Godavaris och Ganges och Brahmaputras deltan, också utsatta områden som följd av en havsnivåhöjning. Dessa områden är speciellt känsliga eftersom de ligger lågt, samt att de har en hög befolkningstäthet och det finns en risk att många av Nilendeltats stora kuststäder kommer att bli översvämmade om vattennivån stiger med bara 0,5 m (Bernes 2007).

Enligt IPCC är det troligt att havsnivån kan höjas med 0,53 till 0,93 m till år 2100, enligt scenario RCP8.5 och för RCP2.6 är det troligt att havsnivån kan stiga med 0,26 till 0,54 m mot slutet av 2000-talet. Alla scenarion visar på en liknande trend med bara 0,05 m skillnad fram till mitten på seklet, men efter det visar de en skillnad på 0,3 m vid slutet av seklet (Stocker, Dahe och Plattnet 2013). Eftersom 37 % av världens befolkning, d.v.s. 2,1 miljarder, år 1994 bodde inom 100 km från kustlinjen och 44 % inom 150 km (Syvitski et al. 2005) kan bara en liten höjning av havsnivån få förödande konsekvenser. Framförallt i deltan och andra plana områden får bara en liten höjning snabbt en stor påverkan. Dessutom om det, som i Nildeltats fall, sker en erosion av kustlinjen samtidigt som havsnivån stiger blir konsekvenserna betydligt mer omfattande.

Egypten är ett land som kan påverkas mycket vid förändringar i klimatet. Det är redan mycket torrt och hett, samt mycket liten nederbörd. Egypten har en medelmånadstemperatur på över $32^{\circ}C$ under sommaren och ungefär $17^{\circ}C$ under vintern (Strahler och Strahler 2005). Om IPCCs värsta scenario skulle inträffa kan temperaturen under vinterhalvåret stiga med nästan $5^{\circ}C$ till år 2100, vilket ger en varmare miljö och kanske större variationer mellan dag och natt (Stocker, Dahe och Plattnet 2013). Temperaturen skulle även öka under sommaren

och då kan det ge ett ännu hetare klimat i Egypten, vilket kan leda till att mer vatten skulle gå förlorat genom evaporation både från Nassersjön och från själva Nilen. Ett annat problem med ökad temperatur som kan komma att uppstå är att det skulle behövas mer vatten till både jordbruket och vattenförsörjningen, vilket kan innebära att vattenuttaget måste ökas. Om vattenuttaget blir större från Nilen skulle flödet i floden minska och leda till en ännu lägre transport av sediment och näringsämnen.

Nederbörds mängden kommer att vara relativt oförändrad i Egypten under perioden oktober till mars för alla scenarion fram till år 2100. Den kommer eventuellt att minska lite och den största minskningen fås i scenario RCP8.5 (Stocker, Dahe och Plattner 2013) och därmed kommer det fortfarande att råda ett torrt klimat i Egypten och därför inte någon stor förändring.

Om man däremot undersöker nederbördsförändringen för mellersta Afrikas östra del, där Vita och Blå Nilen börjar, kan nederbörds mängden öka med ca 15 % under oktober till mars i scenario RCP8.5. Nederbörds mängden är relativt oförändrad i scenario RCP2.6 med bara en liten ökning fram till år 2100 (Stocker, Dahe och Plattner 2013). Om nederbörden ökar borde flödet i Nilen också öka, om inte dammar uppströms stoppar det. Ett ökat flöde i Nilen gör att mer vatten kommer att äntra Nassersjön och därmed måste vattenkapaciteten öka om inte Assuandammen kan släppa ut mer vatten. Om dammen inte släpper ut mer vatten skulle reservoaret tvingas expandera och områden som tidigare varit seismiskt aktiva blir vattentäckta igen. Ett ökat tryck på dessa områden skulle kunna leda till ökad seismisk aktivitet i områdena igen och det kan även innebära att mer vatten förloras genom läckage till akvifererna. Om däremot dammen släpper ut mer vatten kan det kompensera för det extra uttag av vatten som skulle kunna bli nödvändigt om temperaturen stiger, samtidigt som det kan leda till att flödet inte påverkas i stor utsträckning vid de beräknade förändringarna av klimatet.

4.3 Slutsats

Byggnationen av Assuandammen har fått stora konsekvenser för Egyptens miljö. Uppdämningen av Nassersjön kan ha ökat den seismiska aktiviteten eftersom området består av många stora förkastningar. Vattenförlusten från reservoaren är stor både genom läckage till akvifererna runt om, samt genom evaporation. Dammbygget har även minskat flödet och stoppat Nilens årliga översvämningar vilket har skapat problem längs Nilen, men framförallt i deltat då sedimenttransporten är mycket liten dit. Med en nästan obefintlig sedimenttransport till deltafronten har deltat börjat eroderas av inkommande vågor. Vågorna skapar sedan en långsgående ström, framförallt åt öster. Denna ström för bort materialet som eroderas av vågorna vilket ger en negativ effekt på deltat och förlust av landyta. För att förhindra erosion har man bland annat byggt vallar och vågbrytare för att skydda kusten. Dessa skydd har lett till att erosionsmönstret har förändrats och erosion sker nu på andra platser än förut.

Problemen är inte enbart kända i Egypten. I reglerade vattendrag globalt finns liknande eller likadana problem. I områden med instabil berggrund kan den seismiska aktiviteten öka när reservoarer och dammar byggs och de bildar även hinder för sediment och näringsämnen. I de reglerade vattendrag som mynnar ut i deltan ses samma problem som i Nildeltat, med erosion av deltaplanet på grund av en minskad sedimenttransport. Eftersom klimatförändringar numera är ett faktum är det mycket troligt att havsnivåhöjningen kommer att få stora konsekvenser i deltaområden.

5 Referenser

- Ahmed, A.A. och Fawzi, A. 2011. Meandering and bank erosion of the River Nile and its environmental impact on the area between Sohag and El-Minia, Egypt. *Arabian Journal of Geosciences* 4:1-11.
- Axelsson, K. och Hubendick, B. 2013. Assuandammen. Nationalencyklopedin. <http://proxy.ub.umu.se:2067/lang/assuandammen> (hämtad 2013-10-25)
- Bergström, S. 1993. *Sveriges hydrologi – grundläggande hydrologiska förhållanden*. SMHI/Svenska Hydrologiska Rådet. ISBN: 9187996057. 138 sid.
- Bernes, C. 2007. *En ännu varmare värld: växthuseffekten och klimatets förändringar*. Monitor 20. Naturvårdsverket.
- Bernes, C. och Lundgren, L.J. 2009. *Bruk och missbruk av naturens resurser: En svensk miljöhistoria*. Monitor 21. Naturvårdsverket.
- Blodget, H.W., Taylor, P.T. och Roark, J.H. 1991. Shoreline changes along the Rosetta-Nile Promontory: Monitoring with satellite observations. *Marine Geology* 99: 67-77.
- Camberlin, P. 2009. Nile Basin Climates. *The Nile: Origin Environments, Limnology and Human Use, Dumont*, Springer: 307-333.
- Eklund, A. 2010. *Sveriges Vattendrag*. SMHI, faktablad nr 44.
- Elewa, H.H. 2006. Ater resources and geomorphological characteristics of Tushka and west of Lake Nasser, Egypt. *Hydrogeology Journal* 14: 942-954.
- Elsawwaf, M. och Willems, P. 2012. Analysis of the climate variability on the Lake Nasser evaporation based on the Bowen ratio energy budget method. *Journal of Environmental Biology* 33: 475-485.
- Elwaseif, M., Ismail, A., Abdalla, M., Abdel-Rahman, M. och Hafez, M.A. 2012. Geophysical and hydrological investigations at the west bank of Nile River (Luxor, Egypt). *Environmental Earth Science* 67: 911-921.
- Engler, P.A. 2013. Etiopisk jättedamm oroar Egypten. SVT Nyheter. <http://www.svt.se/nyheter/varlden/etiopisk-jattedamm-oroar-egypten> (hämtad 2013-10-16)
- Fan, H., Haung, H. och Zeng, T. 2006. Impacts of the Anthropogenic Activity on the Recent Evolution of the Huanghe (Yellow) River Delta. *Journal of Coastal Research* 22, 4: 919-929.
- Fat-Helbary, R.E. och Tealb, A.A. 2002. A Study of Seismicity and Earthquake Hazard at the Proposed Kalabsha Dam Site, Aswan, Egypt. *Natural Hazards* 25: 117-133.
- Frihy, O.E., Debes, E.A. och El Sayed, W.R. 2002. Processes reshaping the Nile delta promontories of Egypt: pre- and post-protection. *Geomorphology* 1284: 1-17.
- Frihy, O.E. och Khafagy, A.A. 1991. Climate and induced changes in relation to shoreline migration trends at the Nile delta promontories, Egypt. *CATENA* 18: 197-211.
- Frihy, O.E. och Komar, P.D. 1993. Long-term shoreline changes and the concentration of heavy minerals in beach sands of the Nile Delta, Egypt. *Marine Geology* 115: 253-261.
- Frihy, O. och Lawrence, D. 2004. Evolution of the modern Nile delta promontories: development of accretional features during shoreline retreat. *Environmental Geology* 46: 914-931.
- Frihy, O.E., Shereet, S.M. och Banna, M.M. 2008. Pattern of Beach Erosion and Scour Depth along the Rosetta Promontory and their Effect on the Existing Protection Works, Nile Delta, Egypt. *Journal of Coastal Research* 24, 4: 857-866.
- Fu, S. 2007. *A Profile of Dams in China*, ett utdrag ur *The River Dragon Has Come*. International Rivers. http://www.internationalrivers.org/files/attached-files/a_profile_of_dams_in_china.pdf (hämtad 2013-09-19)
- Furn, K. 2007. Konstbevattning – omfattning och påverkan på sötvattens ekosystem. Världsnaturfonden WWF.
- Gahalaut, K., och Hassoup, A. 2012. Role of fluids in the earthquake occurrence around Aswan reservoir, Egypt. *Journal of Geophysical Research*, 117, B02303, doi:10.1029/2011JB008796.
- Google Maps. 2013. NASA. <https://maps.google.se/> (hämtad 2013-10-08)

- Gossel, W., Ebraheem, A.M. och Wycisk, P. 2004. A very large scale GIS-based groundwater flow model for the Nubian sandstone aquifer in Eastern Sahara (Egypt, northern Sudan and eastern Libya). *Hydrogeology Journal* 12: 698-713.
- Gu, J., Chen, Z. och Salem, A. 2011. Post-Aswan dam sedimentation rate of lagoons of the Nile Delta, Egypt. *Environmental Earth Science* 64: 1807-1813.
- Hu, W-W., Wang, G-X., Deng, W. och Li, S-N. 2008. The influence of dams on ecohydrological conditions in the Huaihe River basin, China. *Ecological Engineering* 33: 233-241.
- Kebeasy, R.M. och Gharib, A.A. 1991. Active fault and water loading are important factors in triggering earthquake activity around Aswan Lake. *Journal of Geodynamics* 14, Nos 1-4: 73-85. Great Britain.
- McCartney, M.P. och Girma, M.M. 2010. Evaluating the downstream implications of planned water resource development in the Ethiopian portion of the Blue Nile River. *Water International* 37, No 4: 362-379.
- Metwaly, M., Khalil, M., Al-Sayed, E-S. och Osman, S. 2006. A hydrogeophysical study to estimate water seepage from northwestern Lake Nasser, Egypt. *Journal of Geophysics and Engineering* 3:21-27.
- New, T. och Xie, Z. 2008. Impacts of large dams on riparian vegetation: applying global experience of the case of China's Three Gorges Dam. *Biodiversity and Conservation* 17: 3249-3163.
- Omar, M.H. och El-Bakry, M.M. 1981. Estimation of evaporation from the lake of the Aswan High Dam (Lake Nasser) based on measurements over the lake. *Agricultural Meteorology* 23: 293-308.
- Rashad, S.M och Ismail, M.A. 2000. Environmental-impact assessment of hydro-power in Egypt. *National Centre for Nuclear Safety and Radiation Control*, Nasr City, Cairo, Egypt.
- Ronco, P., Fasolato, G., Nones, M. och Di Silvio, G. 2010. Morphological effects of damming on lower Zambezi River. *Geomorphology* 115: 43-55.
- Rosenberg, M. 2010. The Aswan High Dam Controls the Nile River. About.com, Geography. <http://geography.about.com/od/specificplacesofinterest/a/nile.htm> (hämtad 2013-09-11)
- Selim, M.M., Imoto, M. och Hurukawa, N. 2002. Statistical investigation of reservoir-induced seismicity in Aswan area, Egypt. *Earth Planets Space* 54: 349-356.
- Shaltout, M.M.A. och Housry.E.T. 1997. Estimating the evaporation over Nasser lake in the upper Egypt from meteosat observations. *Advances in Space Research* 19:515-518.
- Sharaf El Din, S.H. 1977. *Effect of the Aswan High Dam on the Nile flood and on the estuarine and coastal circulation pattern along the Mediterranean Egyptian coast*. Oceanography Department, Faculty of Science, Alexandria University, Egypt.
- Simpson, D.W. 1976. Seismicity changes associated with reservoir loading. *Engineering Geology* 10: 123-150.
- Stanley, D.J. 1996. Nile delta: extreme case of sediment entrapment on a delta plain and consequent coastal land loss. *Marine Geology* 129: 189-195.
- Stanley, D.J. och Warne, A.G. 1993. Nile Delta: Recent Geological Evolution and Human Impact. *Science* 260: 628-634.
- Stanley, D.J. och Wingerath, J.G. 1996. Nile sediment dispersal altered by the Aswan High Dam: The kaolinite trace. *Marine Geology* 133:1-9.
- Stocker, T., Dahe, Q. och Plattner, G.K. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. IPCC WGI Fifth Assessment Report, technical summary.
- Strahler, A. och Strahler, A. 2005. *Physical Geography: Science and Systems of the Human Environment*. Tredje upplagan, s 114-115 och 254-255.
- Svahn, C. 2008. En mäktig oroskänsla. Dagens nyheter. <http://www.dn.se/kultur-noje/film-tv/en-maetig-oroskalla/> (hämtad 2013-09-12).
- Svensk Energi. 2013. Vattenkraft. <http://www.svenskenergi.se/Elfakta/Elproduktion/Vattenkraft1/> (hämtad 2013-10-14)
- Syvitski, J.P.M, Vörösmarty, C.J., Kettner, A.J. och Green, P. 2005. Impact of Humans on the Flux of Terrestrial Sediment to the Global Coastal Ocean. *Science* 308: 376-380.

- Warrick, J.A., George, D.A., Gelfenbaum, G., Ruggiero, P., Kaminsky, G.M. och Beirne, M. 2009. Beach morphology and change along the mixed grain-size delta of the dammed Elwha River, Washington. *Geomorphology* 111: 136-148.
- White, G. F. 1988. The Environmental Effects of the High Dam at Aswan. *Environment* 30, 7: 5-39.
- Xu, J. och Cheng, D. 2002. Relation between the erosion and sedimentation zones in the Yellow River, China. *Geomorphology* 48: 365-382.
- Xu, X., Tan, Y. och Yang, G. 2013. Environmental impact assessments of the Three Gorges Project in China: Issues and interventions. *Earth-Science Reviews* 124: 115-125.
- Yunpeng, X. 2005. Environmental water demand and the initiative to keep the yellow river healthy: the Chinese approach. *Environmental flows: Environmental Perspective on River Basin Management in Asia*, 2: Issue 1.



Institutionen för ekologi, miljö och geovetenskap (EMG)
901 87 Umeå, Sweden
Telefon 090-786 50 00
Texttelefon 090-786 59 00
www.umu.se