

# klimatförändring och samhällets sårbarhet – kan vi lära av historien? exempel från norra tanzania

maria ryner

Människan lever och har alltid levt med klimatet och dess föränderlighet. Idag är klimatet och klimatförändringar ett högaktuellt ämne och det pågår en intensiv diskussion om hur vi på bästa sätt ska hantera förändringarna men också om orsakerna till dem. Al Gores film »En obehaglig sanning» förde upp klimatet och dess föränderlighet på allmänhetens och den politiska agendan mer än något annat. Att Al Gore också blev tilldelad Nobels fredpris 2007 tillsammans med Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) gav människan som »klimatförändrare» en central roll i klimatkussionen.

Dagens diskussion om hur klimatförändringar påverkar oss visar på hur sårbart vårt samhälle är. Det handlar om människors ansvar men framför allt samhällens brist på infrastruktur för att hantera förändringar och extrema händelser såsom stormar, översvämningar och längre perioder med torka, vars frekvens kan ändras med ett förändrat klimat. Det diskuteras om hur olika samhällen och länder har olika förutsättningar för att anpassa sig och att en stor del av jordens befolkning saknar möjlighet till förebyggande åtgärder för att hantera dessa förändringar (UNDP 2007). I en rapport från

IPCC varnar också forskare för att vissa områden på jorden kommer att drabbas hårt och att dessa områden till stor del bebos av människor som inte har bidragit till att klimatet ändras (IPCC 2007).

Afrika är, enligt IPCC, den mest sårbara kontinenten när en klimatförändring sker (IPCC 2007). Detta beror kanske främst på att många länder i Afrika saknar ekonomiska medel för att kunna hantera klimatförändringar snarare än att Afrikas klimat förändras mest. Afrika är samtidigt den kontinent där människor har levt med klimatförändringar längre än på någon annan plats på jorden. Hur klimatet har varierat i Afrika och hur människan tidigare har klarat av klimatförändringar är frågor som forskare försöker besvara. De områden, bland annat i delar av östra Afrika, som idag anses som mest sårbara och som har mycket varierande klimat är också de områden där vi vet minst om klimatets naturliga variationer.

Genom historiska beskrivningar och arkeologiska fynd vet vi att samhällen har utvecklats och expanderat för att senare

---

<sup>1</sup> Se »Undergång» av J Diamond (2006), som är en populärhistorisk bok som beskriver olika samhällens uppgång och fall.

minska i storlek eller försvinna helt.<sup>1</sup> Genom att studera klimatets variationer och hur ekosystemen därmed modifieras kan vi få en förståelse för hur de naturliga förutsättningarna för tidigare samhällen förändras. Genom att också studera samhällens dynamik och försöka utröna deras respons, adaptionsförmåga och »upplevelse» av yttre och inre förändringar kan den kunskapen möjligen ge oss verktyg för ett fortsatt förebyggande arbete. Ett samhällens dynamik är mycket komplex och dess respons på klimatförändringar är inte självklar (Holmgren & Öberg 2006). En av utmaningarna i forskning som kombinerar studier av tidigare naturliga och samhällsliga förändringar är att förstå de drivkrafter och faktorer som leder till att ett samhälle utvecklats, expanderar och senare minskar.

Palaeoklimatologisk forskning, vilket är det forskningsområde jag arbetar inom, visar att klimatet alltid har varierat och att dessa förändringar eller variationer kan ske relativt snabbt, under några årtionden men också över mycket längre tidskalor. Frekvensen, magnituden och variabiliteten av förändringarna behöver inte heller vara lika mellan olika platser på jorden.

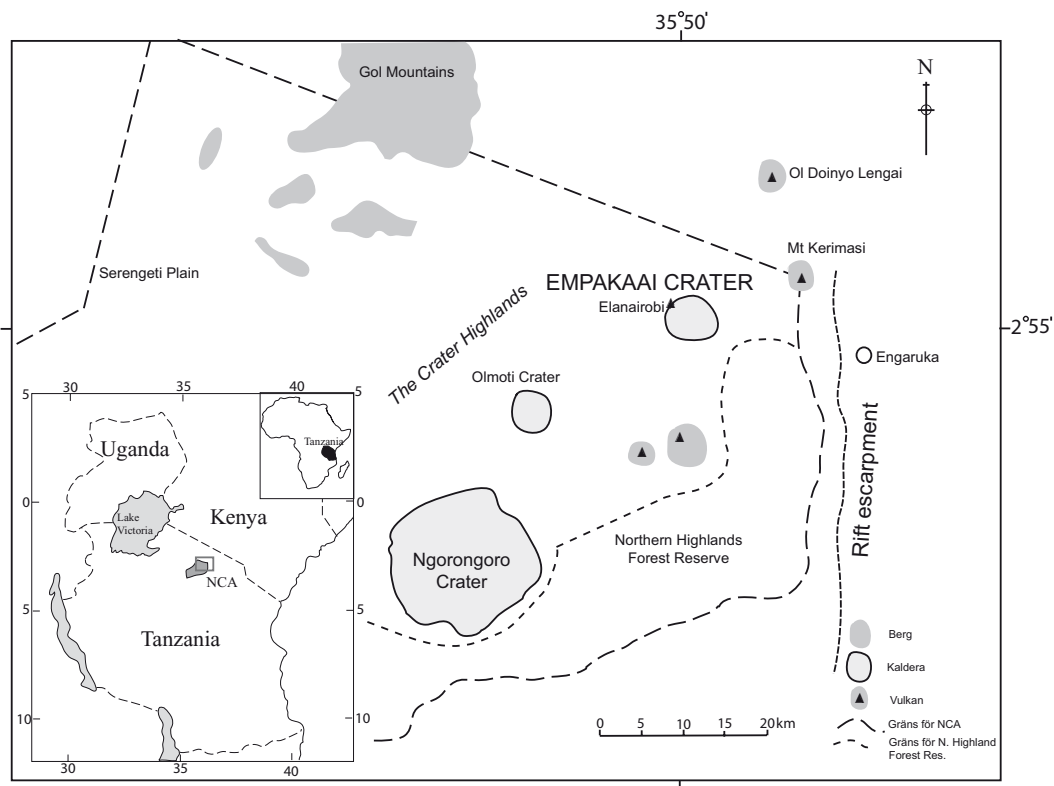
Här kommer jag att kort presentera resultatet från ett forskningsarbete i Empakaai kratern, norra Tanzania, som ur klimathistoriskt perspektiv (1200 år) försöker besvara delar av frågeställningen om klimatförändringar och samhällets sårbarhet. Först dock en kort beskrivning om hur klimatförändringar kan studeras utan att använda sig av direkta mätningar av temperatur och nederbörd.

## Palaeoklimatologi och klimatarkiv

Palaeoklimatologi är läran om hur klimatet har varierat under lång tid. Lång tid kan vara allt från miljontals och, tusentals år och även klimatförändringar under de senaste århundraden, dvs den klimatologi som handlar om klimatförändringar som vi inte kan avläsa i uppmätt temperatur, tryck och nederbörd.<sup>2</sup> Den klimatförändring som debatteras och som vi hör och ser i media idag handlar främst om klimatförändringar som sträcker sig över den tid då vi har haft mätinstrument tillgängliga, dvs ca 200 år.

Palaeoklimatologer använder sig av »klimatarkiv». Arkiven är platser i naturen med processer som skapar kontinuerlig pålagring av material. Platserna kan vara sjöar, myrar, våtmarker där material samlas och bygger lager med sediment. Glaciärer, där snö som faller omvandlas till is och bildar lager av glaciäris, representerar sammansättningen av den snö och den luft som fanns i atmosfären när snön föll. Andra arkiv är dropstenar i grottor – stalagmiter och stalaktiter eller träd, exempelvis tall, som växer säsongvis och ger upphov till årliga trädringar av olika tjocklek beroende på förutsättningarna under växtsäsongen. Koraller bygger kontinuerligt upp rev under gynnsamma förutsättningar.

<sup>2</sup> En introduktion till ämnet finns i boken »Reconstructing quaternary environments» (Lowe & Walker 1997), som ger en generell beskrivning av de metoder som används inom palaeoklimatologin, och i »Earth's climate: past and future» (Ruddiman 2001), som beskriver möjliga orsaker till jordens klimatförändringar. I skrivande stund förläggs nya utgåvor av bägge böckerna.

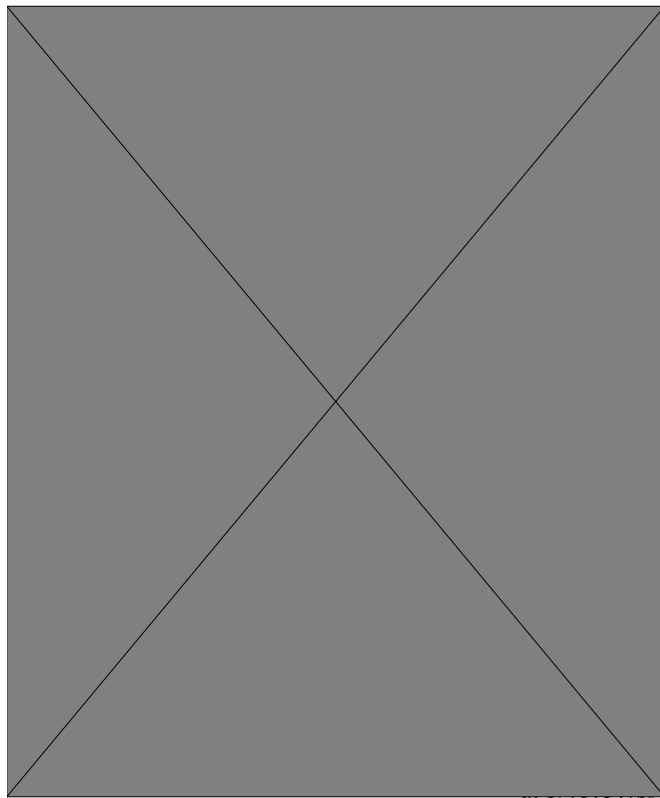


Figur 1. Karta som visar Empakaaikratern i Ngorongoro Conservation Area (NCA), norra Tanzania.

## Sjöar som klimatarkiv

Det material som finns i och runt en sjö transporteras av gravitation, vatten och vind och hamnar slutligen på botten av sjön. Pollen är exempel på material som kan bevaras i sedimenten och eftersom pollenkornens struktur är specifik för olika växtfamiljer, släkten och ibland även ned till artnivå, går det att avgöra vilka växtrester som har hamnat på sjöns botten och därmed få en uppskattning om vilken typ av vegetation som har funnits i omgivningen. Träkolfragment kan också bevaras i sedimenten där mängden kolfrag-

ment ofta indikerar frekvensen av bränder. Datering av materialet är mycket viktigt för att kunna upprätta en bra tidsskala på de förändringar som finns i sedimenten. Kol-14-metoden är den vanligaste dateringsmetoden som används för sjösediment. Isotopen kol-14 ( $^{14}\text{C}$ ) ackumuleras i levande organiskt material. När exempelvis en växt dör börjar kol-14-isotopen att sönderfalla. Med hjälp av vetenskap om isotopens halveringstid och genom att mäta halten av kol-14 i den döda växten går det att räkna ut hur gammal växten var när den dog. Dateringsmetoden är dock inte precis och därför går det inte att ange ex-



Topografiska kartan över Empakaai sjön baserat på kartan av Lengai (Y42-39/4) och Frame et al. Bilden är tagen 1972.

akta årtal för när olika förändringar sker, vilket gör att det blir svårt att göra direkta jämförelser vid en regional analys.

### Klimatarkivet i Empakaai-kratern

I norra semiarida Tanzania ligger Crater Highlands, ett höglandsområde som består av kratrar och kalderor.<sup>3</sup> Höglandsområdet representerar en tid av stor vulkanisk aktivitet, som hör samman med utvecklingen av det östafrikanska riftsystemet. Höglan-

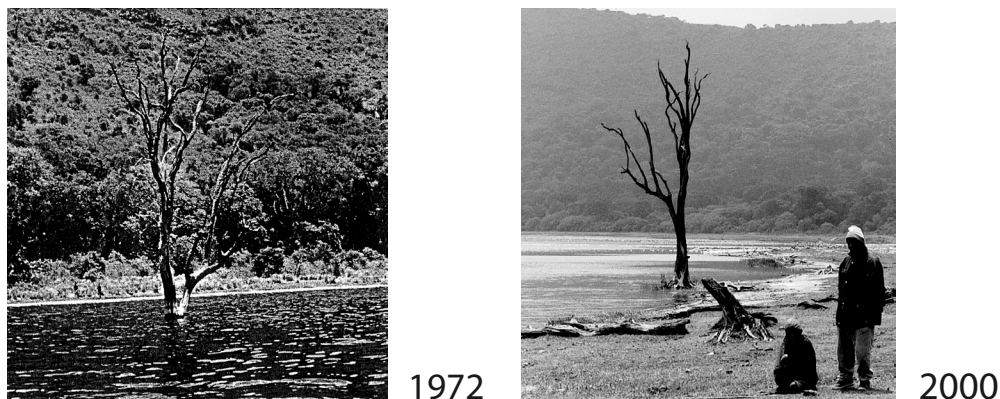
<sup>3</sup> Imploderade kratrar som bildar vida »skålar» i landskapet.

det utgör en del av den östra riftens västra brant (*escarpment*). En vulkan i området, Ol Doniyo Lengai, är fortfarande aktiv.

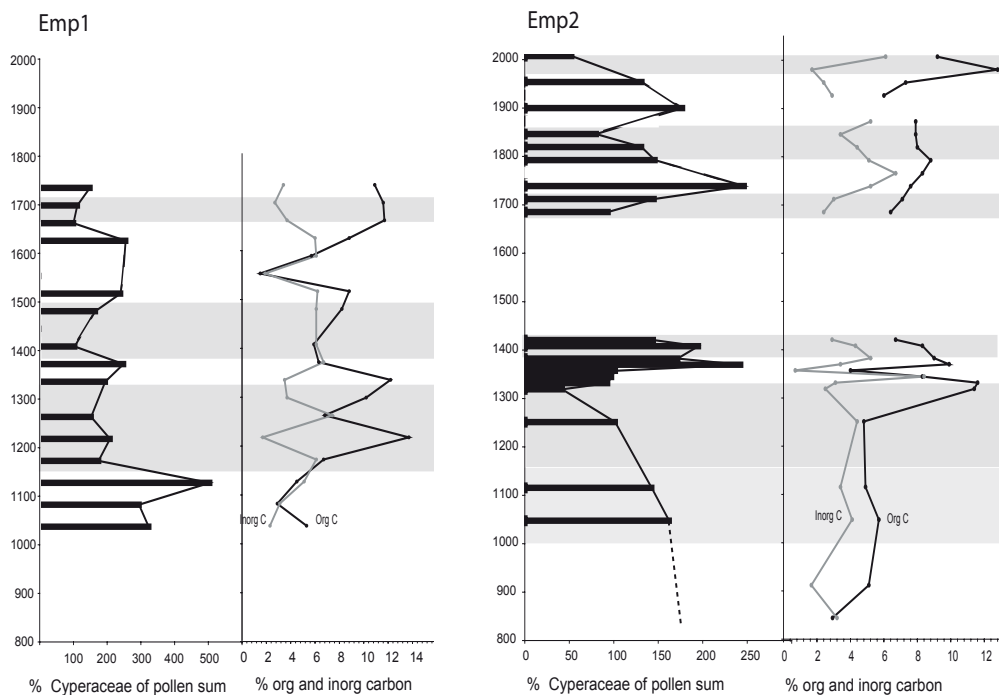
Högländet omfattas av Ngorongoro Conservation Area (NCA) och en av kalderorna är Ngorongorokratern, som är känd för sin stora koncentration av vilda däggdjur. I en annan av kalderorna, Empakaai, som ligger ungefär femton kilometer norr om Ngorongorokratern, finns en sjö, Emakat, som är ca 80 m djup och det är den som jag har undersökt (figur 1).

En djup liten sjö med avgränsat dräneringsområde är relativt ovanligt i Östafrika. Det beror på att det främst finns två





Figur 3. Fotografier av Emakat från september 1972 (Frame et al 1975) och september 2000 (foto: Maria Ryner). År 1972 står trädet på 3 m djupt vatten och år 2000 vid vattenkanten, vilket visar på en sjönivåförändring på 3 m över en 28-årsperiod.



Figur 4. Mängden Cyperaceae (% av totala mängden pollen) och halten organiskt och oorganiskt i förhållande till mängden torkat prov i Emp 1 (25 m vattendjup) och Emp 2 (9 m vattendjup). Skuggade områden representerar relativt högt vattenstånd. Källa: Ryner et al 2007.



Figur 5. Trädet i sjön (*Nuxia congesta*) är daterat med kol-14-metoden och levde någon gång mellan 1500–1670. Foto: Maria Ryner.

sjötyper i Östafrika; de stora sjöarna bestående av riftsjöarna samt Lake Victoria och de salina, relativt små och grunda sjöarna. Problemet med de grunda sjöarna är att de ofta torkar ut, vilket innebär att det inte kontinuerligt lagras sediment i dem. De stora sjöarna är å andra sidan djupa, Lake Tanganyika exempelvis har ett medeldjup på ca 600 m, men de har stora avrinningsområden, vilket gör att det är svårt att avgöra varifrån materialet i sjön kommer. Emakat däremot är djup och har ett begränsat avrinningsområde (figur 2) och har därmed stor potential som klimatarkiv.

När jag förstod potentialen av Empakaikratern som klimatarkiv undrade jag

varför ingen annan hade försökt ta sedimentprover från en sådan »idealisk» sjö. Jag fick långt senare veta att bland andra franska forskare hade varit vid Emakat men att de ansåg det vara alltför logistiskt komplicerat att ta prover ur sjön och att sedimenten vid en snabb undersökning inte verkade innehålla någon värdefull information. De visade sig ha rätt på den första punkten men delvis fel på den andra. Att ta sediment från 80 m vattendjup i en sjö som befinner sig i en nationalpark och endast är tillgänglig via smala stigar är en logistisk mardröm. De sedimentprover som togs från Emakat, dvs sedimentkärnor som är ca 30 cm långa, har använts för att re-

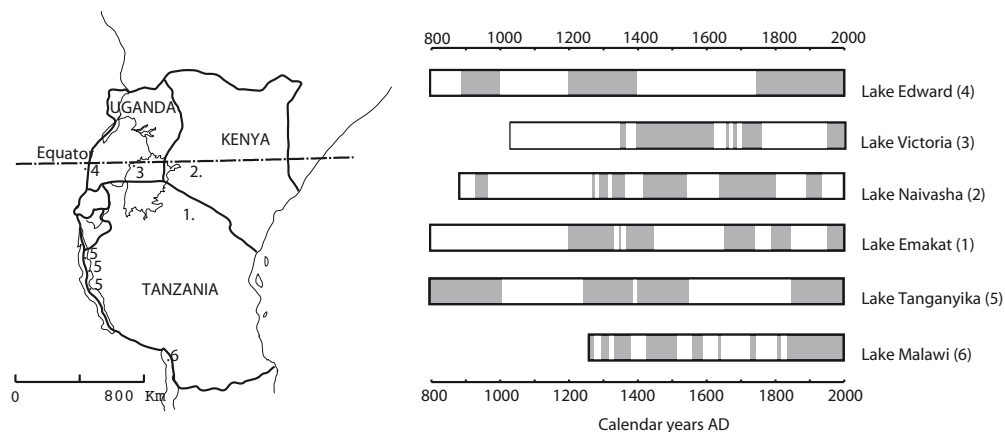
konstruera klimatet de senaste 1200 åren. De är dock inte från sjöns djupaste del utan från ca 25 m vattendjup (Emp 1) och 9 m vattendjup (Emp 2) (Ryner et al 2008).

### Klimatförändringar i norra Tanzania de senaste 1200 åren

För rekonstruktionen av klimatet är det främst vegetations- och sjönivåförändringar som studerats med hjälp av pollen och fossila träd i och vid vattnet. Träden användes som en indikator för en grundare sjö (figur 3). Figur 4 visar en sammanställning av pollenanalys av strandnära växter, Cyperaceae (halvgräs), över de senaste 1200 åren. Andelen Cyperaceae-pollen i relation till den totala mängden pollen har här använts som indikator på mer eller mindre strandnära förhållanden. Figuren visar också andelen organiskt och

oorganiskt kol där det organiska kolet representerar en större mängd växtrester i sedimenten. När sedimentkärnans plats är längre från strandkanten, dvs när vattennivån är högre, minskar andelen Cyperaceae-pollen.

Klimatrekonstruktionen från Emakat indikerar att sjönivån har varit lägre och att sjön under de senaste 1200 åren vid minst ett tillfälle var ca 6–9 m grundare än idag. Det mindre vattendjupet tolkas som att klimatet har varit torrare, dvs mindre nederbörd, snarare än att det enbart är en ökad temperatur och därav en ökad evaporation som står för förändringen. Det var troligen torrare förhållanden för ungefär 1000 år sedan, och mellan 1420 och 1680 förekom en eller fler torrperioder, då bland annat trädet som idag står i sjön växte (figur 5) (Ryner et al 2008). Förändringarna i vegetationen generellt i kratern



Figur 6. Torr- och våtperioder i Östafrika baserat på analyser av palaeoklimatdata från sex sjöar i Östafrika. Perioder som representerar våtare förhållanden och/eller högre vattenstånd representeras av skuggade fält medan torrare perioder representeras av vita fält (Ryner et al 2007).

är däremot mindre tydliga och kan visa på en viss stabilitet i växtligheten i kratern.

En ökad brandfrekvens någon gång efter 1500-talet visar att människan kan ha börjat påverka området. Eventuellt har en del av marken odlats eftersom jordbruksmark kräver att skog avverkas och svedjebruk är en vanligt förekommande metod. Enligt historiska källor ska fler människor ha flyttat in i området runt Empakaai runt den tiden (Fosbrook 1972, Sutton 1993) vilket stärker argumentet för ökad mänsklig påverkan.

När klimatrekonstruktionen från Empakaaikraten jämfördes med andra studier från östra Afrika (figur 6), visade det sig att serierna inte gav något entydigt svar om hur klimatet hade varierat i regionen (Ryner et al 2008). Orsakerna till skillnaderna mellan klimatserierna kan vara kopplat till metodiken, såsom precisionen i dateringen men skillnaderna kan också indikera att variationer i klimatet mellan olika områden motsvarar den variabilitet som finns i regionen idag (Nicholson 1996). Detta skulle i sin tur kunna innebära att den variabilitet som idag ses i området också långt tidigare var en del av klimatets dynamik.

Stora skillnaden i klimatrekonstruktioner på en plats och även vid en regional jämförelse tyder på att klimatserier bör extrapoleras till större områden med stor försiktighet. Kanske speciellt i områden som redan idag har mycket varierande klimat. Samtidigt visar också klimatstudierna att det kan vara problematiskt att förstå vad det är för förändringar som syns i klimatarkiven och att regionala skillnader kan vara stora. Det kommer att behövas fler studier och mer information om hur klimatet har förändras både temporalt och spatialt för

att kunna ge bättre prognoser och för att kunna föreslå välförankrade infrastrukturrella åtgärder. Vi vet helt enkelt inte vad en global uppvärmning kan ha för konsekvenser på regional och lokal nivå.

## Kopplingen klimat och samhälle – exemplet Engaruka

Ungefär 10 km öster om Empakaai (figur 1) och strax nedanför riftbranten finns ett bevattningssystem som till stora delar är fossilt, dvs endast en liten del av det mer än 2000 hektar stora bevattningssystemet är idag i bruk (Westerberg et al, accepterad). Det finns uttorkade flodfåror utmed riftbranten som indikerar att vatten måste ha flödat i dessa fåror tidigare och utbredningen av bevattningssystemet visar också att det måste ha funnits vatten i dessa floder när systemet var i bruk.

En grupp forskare har, utifrån klimat, geomorfologi, arkeologi och historia, undersökt varför ett bevattningssystem växte fram i den här idag torra och avlägsna regionen, hur det utvecklades och varför stora delar av systemet senare övergavs (Westerberg et al, accepterad). Tillsammans gav det studerade materialet bilden av ett bevattningssystem med komplex respons på klimat, handel och lokala naturliga och sociala processer. Systemet togs troligen i bruk när det fanns tillräckligt med vattenresurser för att stödja konstbevattning samtidigt som det blev lönsamt att investera i ett bevattningssystem. Handeln i regionen och elfenbenshandeln mellan kusten och inlandet (Håkansson 2004) gjorde att det fanns ett ökat behov av jordbruksprodukter.

Bevattningssystemet överlevde därefter en längre tid av torrare förhållanden – om

än möjligen i mindre omfattning – till skillnad från andra bevattningssystem i östra Afrika (Westerberg et al, accepterad). Det var troligen andra faktorer än klimatförändringar som påverkade systemets överlevnad och det är härmed ett viktigt exempel på ett bärkraftigt system, som klarade sämre klimatförhållanden. Bevattningssystemet upphörde eller minskade dramatiskt i omfattning i mitten av 1800-talet. Detta berodde troligen på en kombination av torrare klimat och att ett flertal katastrofer drabbade människorna i området. Smittkoppor, som medfördes av karavanerna från kusten, tog död på många människor. Ungefär samtidigt slog kreaturspest ut stora delar av boskapsdjordarna i området, vilket fick negativa konsekvenser för de överlevande människorna (Westerberg et al, accepterad).

Arbetet i Engaruka visar att det är svårt att göra direkta orsak-verkansamband mellan människa och klimat. Ibland kan en förändring i klimatet ha avgörande betydelse för ett samhälles utveckling medan det i andra fall och vid andra tidpunkter kan spela en underordnad roll.

Idag bor stora delar av jordens befolkning i områden som har en mycket sårbar infrastruktur. De befinner sig i riskzonen för vädrets nycker; i orkanstråk, i låglänta kustområden, utmed flodstränder och i semiarida områden. Studien i Engaruka visar att människan till viss del har en förmåga att anpassa sig till klimatets förändringar men att det snarare är i spelet mellan olika faktorer frågan avgörs om ett samhälle överlever eller inte. I detta samspel kan klimatet vara av avgörande betydelse.

Avslutningsvis – därför behöver vi palaeoklimatdata och vi behöver mer

Även om det anses att dagens mänskligt påverkade klimatförändring skiljer sig ifrån tidigare naturliga svängningar i klimatet, är det viktigt att förstå hur klimatvariationer påverkar olika områden. Det kan vi endast göra genom att studera tidigare förändringar och då är palaeoklimatologi en viktig del i förståelsen av klimatets föränderlighet. Idag används sofistikerade meteorologiska klimatmodeller, så kallade *general circulation models*, som till stor del är baserade på fysikaliska lagar. Dessa modeller hjälper till att simulera hur framtida klimat kan komma att se ut om exempelvis den globala medeltemperaturen höjs. Modellerna behöver dock testas mot och verifieras av palaeoklimatologiska data. Den mängd palaeoklimatdata som finns tillgänglig är dock begränsad och ju längre bak i tiden vi rör oss desto färre platser med klimatdataserier finns. Samtidigt är många av de klimatserier som finns tillgängliga alltför lågupplösta för att kunna jämföras med simuleringarna och de är ofta inte heller kontinuerliga, dvs vi kan oftast endast se ett fönster i klimatets historia. Fördelningen av platser med klimatinformation är också ojämn med tydlig dominans av serier från Europa och Nordamerika. Vi behöver klimatinformation från hela vår jord för att jämföra med klimatsimuleringar eftersom klimatsystemet är globalt och förändringar påverkar hela systemet och därmed hela jorden. Klimatstudien i norra Tanzania kan ses som en pusselbit i jordens klimathistoria men det saknas fortfarande många fler pusselbitar.



## Referenser

- Diamond, J (2006) *Undergång. Civilisationernas uppgång eller fall*, Pan, Stockholm.
- Fosbrook, H (1972) *Ngorongoro: the eight wonder*, Andre Deutsch, London.
- Holmgren, K & H Öberg (2006) Climate change in Southern and East Africa during the past millennium and its implications for societal development, *Environment, Development and Sustainability* 8: 185–195.
- Håkansson, N T (2004) The human ecology of world systems in East Africa: the impact of the ivory trade, *Human Ecology* 32: 561–591.
- IPCC (2007) Summary for policymakers, i *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability*, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report.
- Lowe, J J & M J C Walker (1997) *Reconstructing quaternary environments*, 2a utgåvan, Longman, Harlow.
- Nicholson, S E (1996) A review of climate dynamics and climate variability in eastern Africa, sid 25–56 i T C Johnson & E Odada (red) *The limnology, climatology and paleoclimatology of the East African lakes*, Gordon and Breach, Amsterdam.
- Ruddiman, W F (2001) *Earth's climate: past and future*, Freeman, New York.
- Ryner, M; K Holmgren & D Taylor (2008) A record of vegetation dynamics and lake level changes from lake Emakat, northern Tanzania, during the last c. 1200 years, *Journal of Paleolimnology* 40(2): 583–601.
- Sutton, J (1993) Becoming Masaai, sid 38–60 i T Spear & C Waller (red) *Being Masaai: ethnicity and identity in East Africa*, Ohio University Press, Athens.
- Westerberg, L O; K Holmgren, Lowe Börjesson, T Håkansson, V Laulumaa & M Ryner (accepterad) The development of the Engaruka irrigation system, Northern Tanzania. Physical and societal factors, *The Annals of the Association of American Geographers*. Tillgänglig i M A Ryner (2007) *Past environmental and climate changes in northern Tanzania*, Dissertation No 5, Department of Physical Geography and Quaternary Geology, Stockholm University.
- UNDP (2007) *Sammanfattning av Human development report 2007/2008, Kampen mot klimatförändringarna. Gemensamt ansvar i en delad värld*. UNDP Nordic Office, Köpenhamn.

*Maria Ryner är forskare och universitetslektor vid Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet.  
E-post: maria.ryner@natgeo.su.se*