

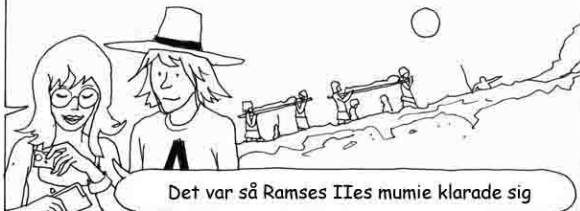
PYRAMIDER: IMOTHEPS HEMLIGHET



KAIRO

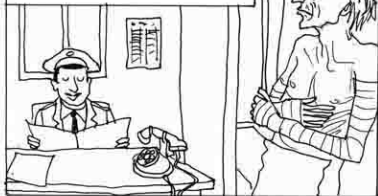


Faraonernas gravar i konungarnas grav blev tidigt plundrade. Prästerna som vakade över dem flyttade en natt alla mumier till en grotta överblickande dalen.



Det var så Ramses II:s mumie klarade sig

Mumien visades upp vid muséets ingång för att locka besökare. Som brukligt är bland mumier hade Ramses armarna korsade över bröstet.



En dag rörde Ramses II sin vänstra hand 10 centimeter under avgivande av ett hotfullt ljud. Den förskräckte vakten sprang sin väg för att aldrig återkomma till det hemsökta muséet.





Här är de 4500 år gamla statyerna av Rahotep, Cheops halvbror, och dennes fru Nefret, försedda med ögon av glas, så realistiska att när de återfanns i Meidoums nekropolis 1871 flydde arbetarna i tron att gravarna innehöll levande varelser.

Är inte statyn av prinsen fantastisk, med mustacher och allt? Han ser ut som en parisisk dandy som förflyttats till det gamla egyptiska riket.





Anselm, vad tror du om bastetstayetten?



Har du hittat något?

Killen där inne gav mig den här.



En skalbagge.
Men vilken kille?

Tja, försäljaren...



Jag har ingen anställd.
Jag jobbar ensam.

Han måste vara kvar därinne.

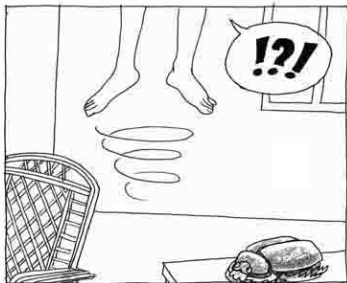


Ingen!



Det är ingen här, och rummet
har ingen annan utgång.

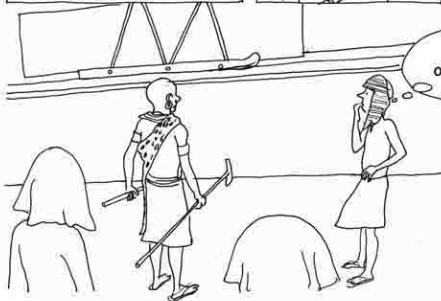




Jag svävar över Gizaplatån,
och Cheopspyramiden ser
intakt ut, med kalkstenstacket
skimrande i månlyuset.

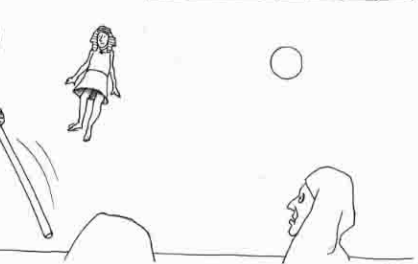


Chefrens pyramid är oavslutad.
Och Menkaures saknas.



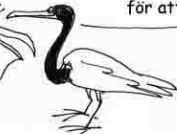
Tänk hur realistiska och detaljrika drömmar ändå kan vara...







Och så kom det sig att Anselm Vetgirig påbörjade ett nytt äventyr, efter att i en dröm ha sett en maskin som de gamla egyptierna använde för att forsla stora stenblock uppför pyramiderna.

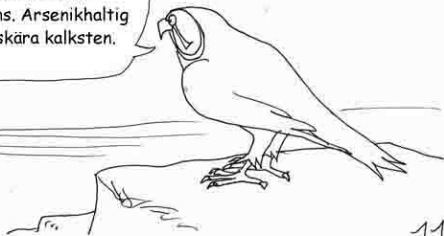


Pösfräckt!




Innan vi talar om maskinen ska vi repetera några fornegyptiska arkitektoniska principer.

I det gamla riket (2700 - 2200 k. Kr.) är järnet okänt. Landet har koppar, och importerar tenn och brons. Arsenikhaltig koppar, härdad med hammare, är hård nog att skära kalksten.



JORDBÄVNINGAR



Få egyptologer är medvetna om att seismologi är nyckeln till den egyptiska arkitekturens huvuddrag. Tänk bara på Abu Simbels tempel som Ramses II lät hugga ut ur ett berg av sandsten, och som förstördes av en jordbävning 1245 f.Kr.

Hallå, Ramses.
Jag tar tillbaka mitt påstående. Att skulptera berget är inte så lyckat. En jordbävning inträffade nyss och jag är rädd att ena stenkolossen är förstörd.

En grund bestående av mekaniskt skiljaktiga lager, som i Giza, är den bästa grunden för jordbävningssäkert byggnade. Detta var ett viktigt övervägande när platsen valdes. När Kairo förstördes av en jordbävning år 1754, förblev pyramiderna oskadade.



De står på konstgjorda kullar, och trappor fungerar som pälår och håller lagren på plats.

Man finner liknande lösningar i olika delar av världen, och "trappstegen" tolkas ofta som troner i ett slags mötesrum, trots att deras uppgift är att hålla byggnaden på plats.



vars stenar har avlägsnats och återanvänts.

För att jordbävningssäkra byggnader är det bäst att undvika regulariteter.
Exempel: templet vid Sfinxens fot, och den berömda inkamuren i Cuzco.

Är det så
pyramiderna har
överlevt?

Delvis. När invånarna i Kairo
hade avlägsnat det yttersta
lagret av fin kalksten från Tura,
lät de de undre lagren av lägre
kvalitet vara i fred.

Grundidén är att det som redan är sprucket
inte spricker ytterligare. Med sprickor
och fogar på alla skalor kan pyramiderna
absorbera de starkaste jordbävningar.

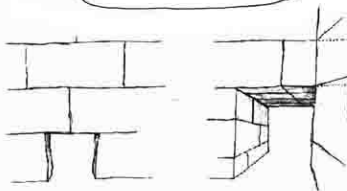
Men arkitektprästerna måste göra sitt jobb väl.
Efterhand lärde de sig att arrangera stenblocken.



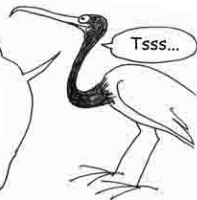
Och undvika de spruckna överliggarna.



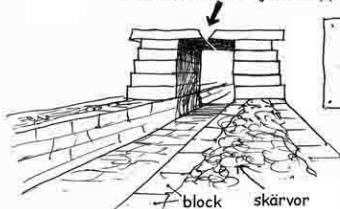
före → lagning



Farao Unas (2350 f. Kr.) arkitekt trodde att stora block var lösningen.
Men den enorma överliggaren, belastad ovanifrån, sprack. Nu är den lagad (höger) men kommer att spricka igen vid nästa jordbävning.



Fasad skåra för ljusinsläpp



Resterna av den täckta banken
vid Unas pyramid (Sakkara)

Pyramidion,
Sakkara,
1230 f. Kr.



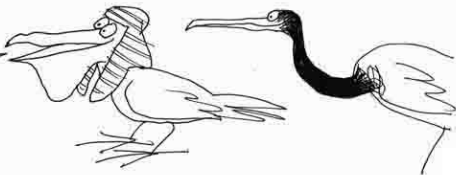
Till och med PYRAMIDIONEN,
pyramidens spets, var designad för att
hållas på plats vid jordbävningar.

Lite senare hade
hans kollega lärt sig
av misstaget.

För ett vaket öga är all egyptisk
arkitektur baserad på




seismiska överväganden. (*)



(*) I förgrunden block till den böjda pyramiden med lutningen synlig,
och i bakgrunden den röda pyramiden, i Dahshur.

Men en sak har egyptologerna inte insett: bruket att göra kontaktytor mellan block krökta var inte ett resultat av bristande precision utan en föreskrift från antiken, ägnad att göra konstruktionerna jordbävningssäkra. Cementerade fogar skulle ha spruckit och plana fogar hade krupit. Bara fria men krökta ytor är stabila både i vila och vid jordbävningar.



Vi skall senare se hur sådana passformer kunde förfärdigas.

Tekniken var inte tillämplig på stora statyer, vars form hade många svaga punkter. Dessa har också skadats under seklens gång.

TILLGÅNGLIGT MATERIAL



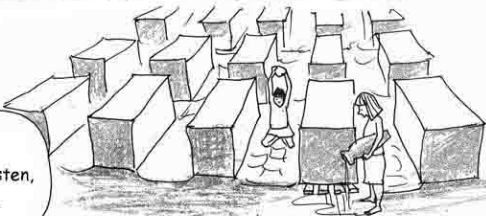
Egyptierna var mästare på att göra bruk av många slags bergarter: mjuka och sedimentära som kalksten och sandsten såväl som hårda och magmatiska som granit och basalt, genom att använda kvarts som slipmedel och diabas som hammare.



En mjuk bergart som kalksten är lätt att bearbeta med en hårdare: diabas, som verktygen var gjorda av.



Själva Gizaplatån var ett enormt stenbrott, som gav en relativt grov kalksten, funnen i lager omväxlande med lera.

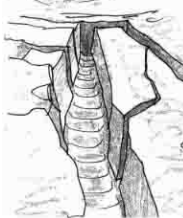


Blocken sprängdes lös med tråkilar som vättes och expanderade (George Goyon).

Egyptierna i det gamla riket (*) saknade stål och järn och kunde inte alltid importera det brons de behövde. De använde i stället en föregångare till borrhammaren (**), nämligen handhållna diabasklot, nästan lika stora som människohuvuden.



Kring obeliskan i Aswan har man funnit spår av denna metod. Ytan påminner närmast om en grund äggkartong; när gropens krökning är lika stor som slagklotets blir metoden mindre effektiv, och arbetaren övergår till att slå på åsarna.

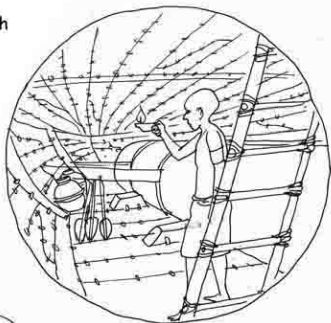


Arbetet på denna obelisk, 41 meter lång och 4 meter bred vid basen, vägande 1200 ton, avbröts när en jordbävning fick den att spricka. Vi skall senare se hur sådana kolosser kunde förflyttas.

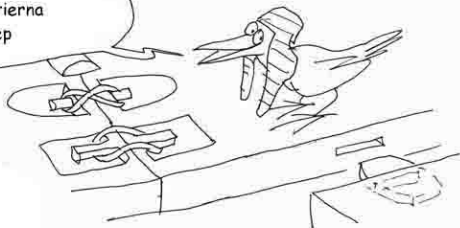
(*) Från 2700 till 2200 f. Kr.

(**) Brons är verksamt på kalksten men inte hårdare mineral som granit

Akacia odlades lokalt. Större trästycken behövde tas från cederstammar, importerade från Libanon. Kådan blev lim och lack. Egyptierna i gamla riket visste hur man förfärdigar hamprep, lika bra som moderna. (*)



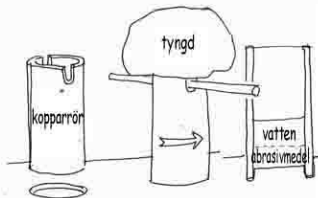
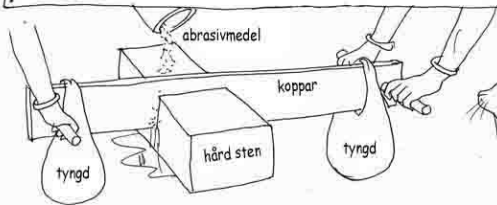
Eftersom trä var dyrbart använde egyptierna det i komplexa arrangemang, hopsydda med rep för att inte slösa några bitar.



(*) Ett rep 50 mm i diameter kan lyfta 4 ton.

VERKTYGEN

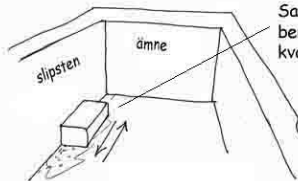
Eftersom den enda metall som fanns lättillgänglig i det gamla Egypten var koppar, kunde slagverktyg och sågars tänder inte göras av metall. I stället användes **ABRASION** (nötning).



Borrning av hål.

Kvartspuler används vid alla operationer: sågning, borrning och urholkning.

Sandsten, en sammansatt bergart, innehåller sitt eget kvartspulver och blir bra slipsten.

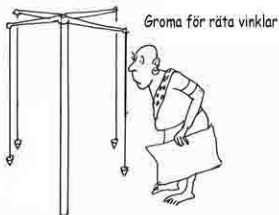


I sten såväl som trä.

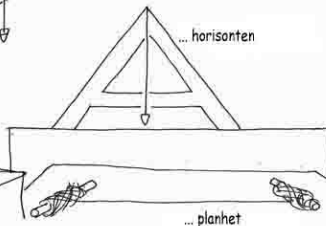
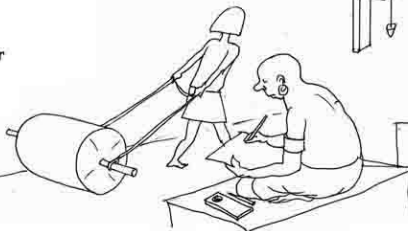
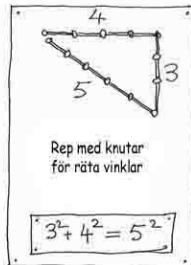
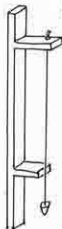


MÄTINSTRUMENT

Lod



För att kontrollera: vertikaler



Rullmått för avstånd (kräver förståelse av π)

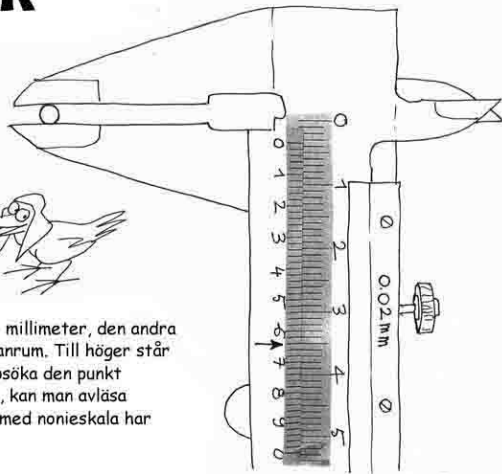
3000 ÅR FÖRE VERNIER (*)

Det här är ett SKJUTMÅTT,
omtyckt även av INGENJÖRER
med begränsat intresse för egyptologi.

De flesta ingenjörer, alltså



Instrumentet har två skalor. Den ena graderad i millimeter, den andra (nonieskalan) har streck på 0,9 millimeters mellanrum. Till höger står millimeterskalan på cirka 3,6 mm. Genom att uppsöka den punkt (markerad med pil) där två streck sammanfaller, kan man avläsa ytterligare en decimal: 3,64 mm. Ett skjutmått med nonieskala har en noggrannhet på två hundraedels millimeter.

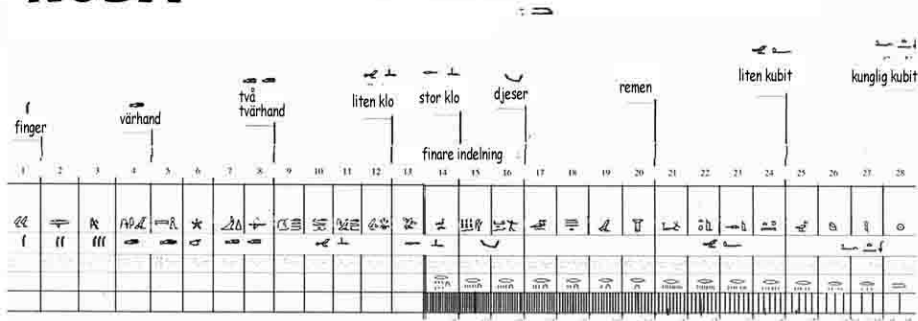


(*) Pierre Vernier, fransk matematiker, som (åter)uppfann instrumentet 1631.

EGYPTISK KUBIT



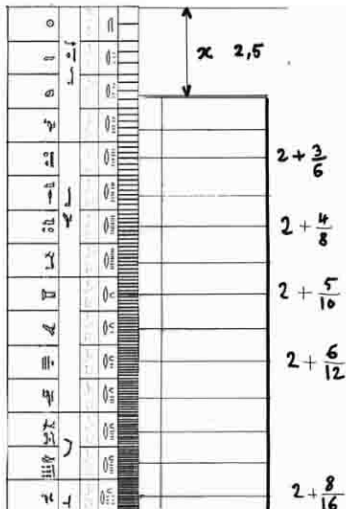
Kubitstav tillhörig Amenotep II, 1559-1539 (Louvren)



Till höger delas fingrarna in i ytterligare bråkdelar: först 2 \Rightarrow , sedan 3 \Leftarrow , 4 \Leftarrow osv. Symbolen \bigcirc , "Horus öga" står för "delat med". Anledningen till dessa bråkdelars markering och placering har hittills inte förklarats.

MYSTERIET FÅR SIN LÖSNING

MÅTTEN i det gamla Egypten uttrycktes som en summa av ett heltal och en rationell bråkdel. Detta uppnåddes genom att använda inte EN utan TVÅ kubitstavar, vända i motsatt riktning.

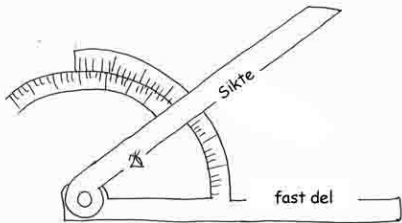


Genom att förskjuta den andra staven (här med 2,5 cm) och söka efter sammanfallande streck finner vi

$$\frac{3}{6} = \frac{4}{8} = \frac{5}{10} = \frac{6}{12} = \frac{8}{16}$$

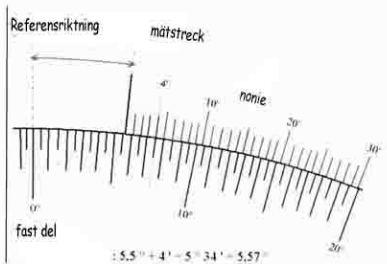
Faraonernas kubitstav hade alltså en nonieskala med precision $1/16$ finger eller ungefär 0,116 mm.





En **GONIOMETER** eller vinkelmätare är ett "krökt skjutmått" med en rörlig nonieskala.

Även här sker avläsningen genom att uppleta sammanfallande streck, vilket ger en noggrannhet på några hundradelar av en grad.



Inga egyptiska goniometrar har återfunnits, men givet den höga precisionen de uppnådde är det sannolikt att de användes 2600 f. Kr.



(*) Matematikern Pedro Nunes (1502 - 1568) försåg portugisiska flottan med astrolabier med nonieskalor (ett århundrade före Vernier...)

Förutom att rekonstruera forntida folks historia försöker arkeologin sprida ljus över deras vetenskap och teknologi. Därvid måste den utgå från de verktyg, mätinstrument och maskiner som är kunskapens materiella yttring. Ibland finns beskrivningar av deras handhavande tillgängliga i form av konstruktionsritningar, teckningar eller texter. Men detta är undantagsfallet. När det gäller folk utan skrift, finns inga sådana vittnesmål. Vi kommer aldrig att få veta vilka recept gallerna, dessa erfarna metallurjer, använde. I fallet Egypten gör de enorma tidsrymderna saken än värre. Var är pyramidbyggarnas hundratals miljoner verktyg? Var deras ritningar? Var är ingenjörernas beräkningar?

Nästan allt gick förlorat under de fyrtio sekel som förflutit. Utan ledtrådar måste våra specialister, förbluffade av historiens vittnesbörd, konstruera ett paradigm för vad diverse folk kan ha vetat och inte. Detta bygger på ett evolutionärt schema som utesluter regression, ett slags framstegskult. Vi hör därför resonemang av typen "De gamla egyptierna hade inte kemi, ej heller hjul eller block och taljor. De navigerade inte på haven. De var svaga matematiker och lantmätare. Annars skulle de ha lämnat kvar sin kunskap i skriven form".

Såklart...




TRANSPORTMEDEL




Hjulet?
Men hur ska underlaget palla för vikten?




Det är ingen balett,
direkt.



Lösningen är att glida, på ett fuktigt siltlager

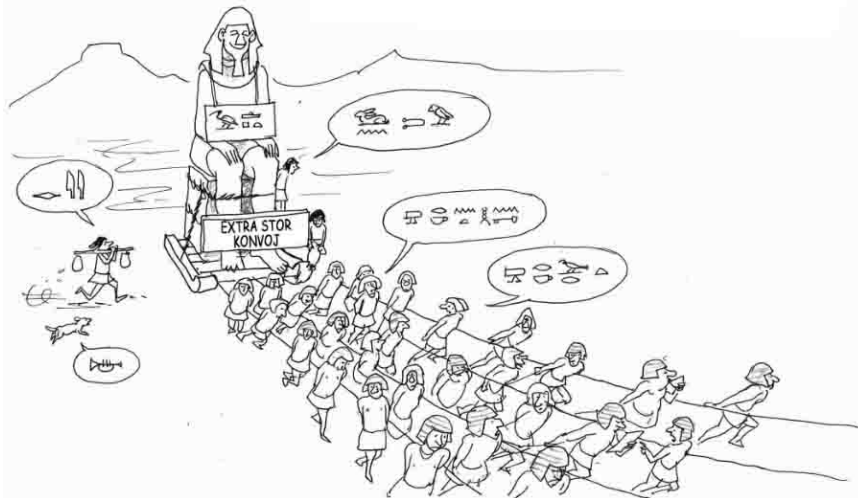


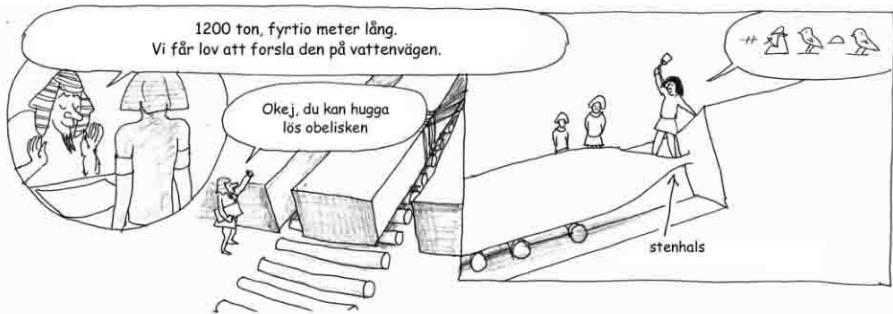
Standardmått: 2,5 ton och åtta män.



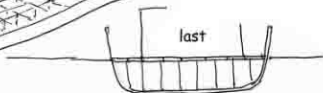
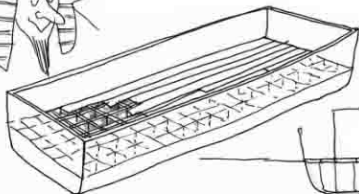
Men vid behov
mycket större.

Djehutihoteps staty (provinsguvernör; hans namn står på skylten)
sextio ton, sju meter hög, dragen av 172 arbetare.

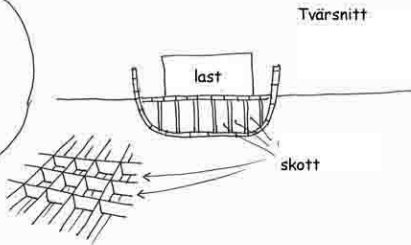




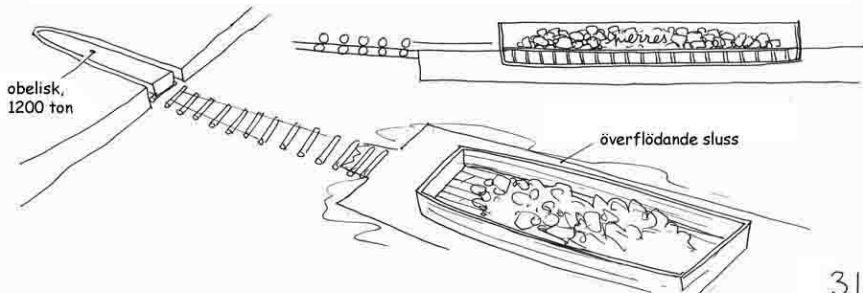
För särskilt tunga objekt använder vi speciella pråmer. Botten har kvadratiska skott för att fördela tyngden. Skrovets yttre form är oväsentlig, för pråmen dras längs en kanal bredvid Nilen.



(tack till Thiéry Pierre för hans kommentarer)



Sedan dras pråmen in i en överflödande sluss, efter att den lastats med motsvarande mängd sten.

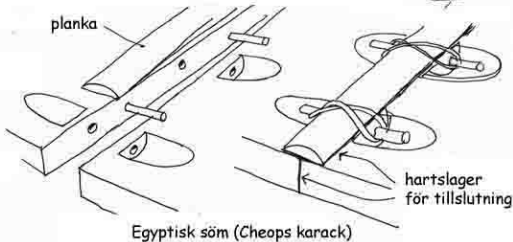


SANDSLUSSEN

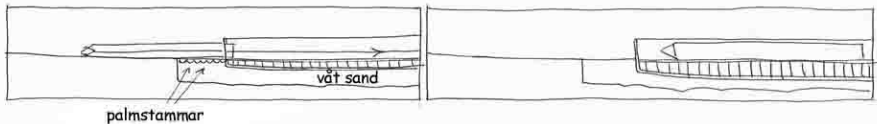
Slussens vatten mätas med sand, tills massan inte längre flyter, utan beter sig som en fast kropp.



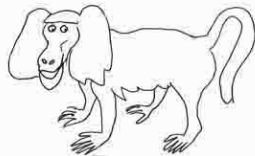
Alla egyptiska skepp hade skrov av plankor sammanfogade med rep, så kallade sydda skrov.



Sandslussen användes för att lasta på obelisken, som fick rulla eller glida på lera till pråmens botten



Sedan syddes pråmens för igen, den våta sanden ersattes med vatten så att pråmen blev flott igen, och kanalen följdes till destinationen.



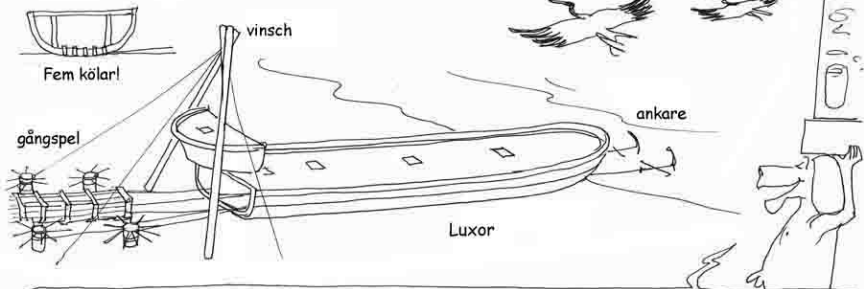
Lasten lossades i en annan sandsluss genom att samma operationer utfördes i omvänd ordning.



Hela denna bild är mäktig medicin och stark trolldom.

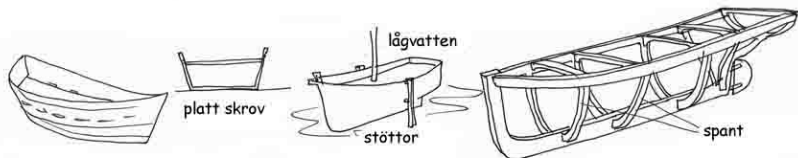
1830:

två tusen år senare



Fransmännen som forslade en obelisk 23 meter hög och vägande 230 ton till Place de la Concorde använde en flatbottnad båt, speciellt formgiven för uppgiften: fem kölar och en för som lät sig öppnas. Obeliskan stod ursprungligen på en kvadratisk bas utsmyckad med fyra gånger fyra babianer stående på bakbenen. Då deras könsorgan var synliga förfärdigades en annan bas i rosa granit.

Historiker har belagt att denna metod för på- och avlastning användes i det gamla Egypten. Tekniken med sydda skrov möjliggjorde transport av nermonterade enheter från Nilen till Röda Havet, där man ??? återfann flera stycken lagrade i grottor. Ett 43 meter långt fartyg upptäcktes 1954 i nermonterad form, med numrerade delar, i en grop nära Cheops pyramid. Om fartygen ska kunna tas isär snabbt kan de inte sammanfogas med dymlingar. Den egyptiska metoden kombinerar låg vikt med låg materialåtgång men fick överges när fartygen utsattes för tidvatten i nordligare farvatten.



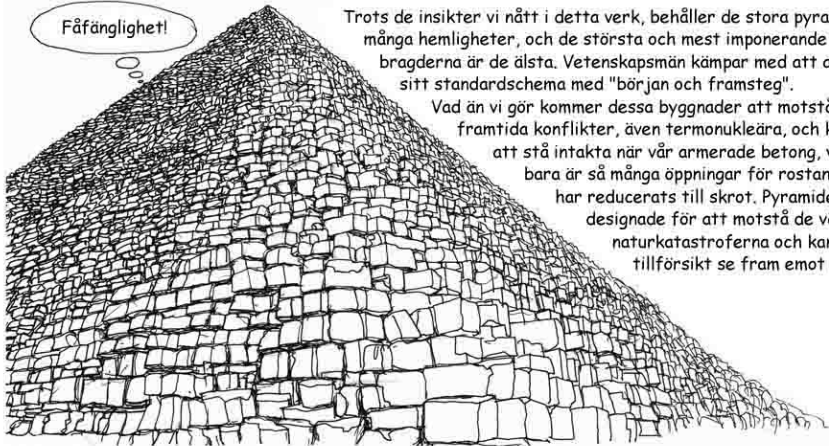
Där var man tvungen att låta båtarna ligga på grund.

Med bättre tillgång till trä kunde man överge de sydda skroven till förmån för fasta skrov med lastluckor



RAMPER OCH MASKINER AV ALLA SLAG

Fåfänglighet!



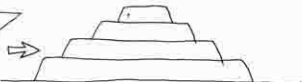
Trots de insikter vi nått i detta verk, behåller de stora pyramiderna många hemligheter, och de största och mest imponerande bragderna är de äldsta. Vetenskapsmän kämpar med att anpassa sitt standardschema med "början och framsteg".

Vad än vi gör kommer dessa byggnader att motstå våra framtida konflikter, även termonukleära, och kommer att stå intakta när vår armerade betong, vars metall bara är så många öppningar för rostangrepp, har reducerats till skrot. Pyramiderna är designade för att motstå de värsta naturkatastroferna och kan med tillförsikt se fram emot millennier.

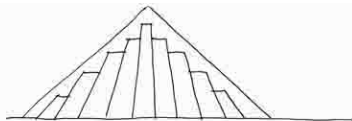
Beträffande den inre strukturen finns två tankesätt. Om pyramiderna är en vidareutveckling av **MASTABA**-gravarna kan de uppfattas som en trave av dylika. Den tyske egyptologen Borchardt betraktade dem däremot (1930) som en mängd vertikala stenlager, lutande mot varandra. Men för Cheopspyramiden hade det krävts två och en halv miljon block.



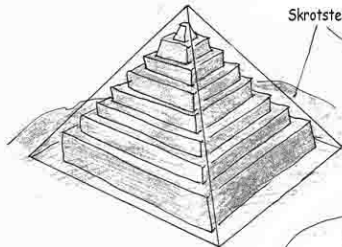
Underjordisk grav
med mastaba



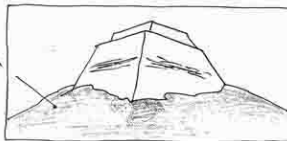
Djosers pyramid vid Sakkara: klassisk tolkning



Borchardts modell



Skrotsten



Modellen fick stöd
av resterna av pyramiden
i Meidum



Givet svårigheten att rekonstruera pyramidernas byggnadssätt har diverse spekulativa teorier om yttre hjälp formulerats.

I Frankrike bekämpar arkitekten JEAN PIERRE ADAM sedan 1975 i alla media varje teori som inte kommer från egyptologernas skrå.

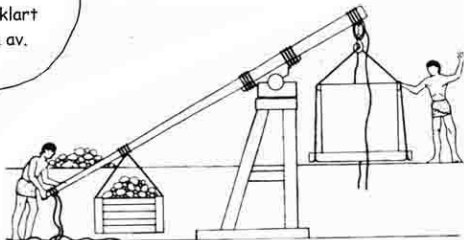
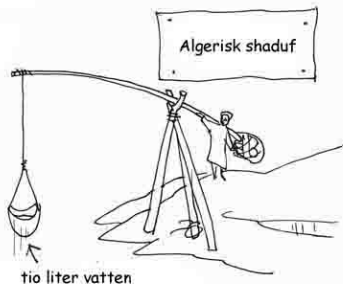


ARKEOMANIN
måste få ett slut (*)

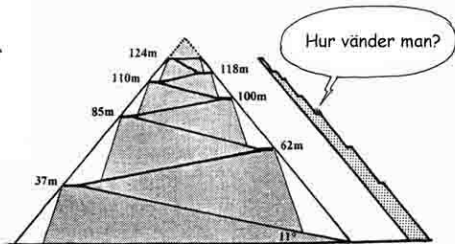
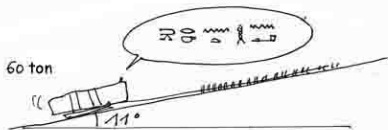


Om vi ska bekämpa sådana skarpsinniga idéer måste vi ha en trovärdig modell för bygget. Men vi är långt ifrån att ha en sådan.

Adam övergår till MASKINISTERNA och vill i stället lyfta stenblocken med en variant av den orientaliska SHADUFEN (brunssvängel). Denna ritning från hans bok är fysikaliskt absurd, med hävstångsarmarna i proportion 1:1,6 för att lyfta ett block vägande 2,5 ton - det skulle kräva en motvikt på $2500/1,6 = 1562$ kilo, vilket uppenbarligen inte är fallet.



Ledd av sin fantasi och SUNDA FÖRNUFT blir Adam RAMPIST. Han vill ha en ramp på en av sidorna, med 11° lutning.



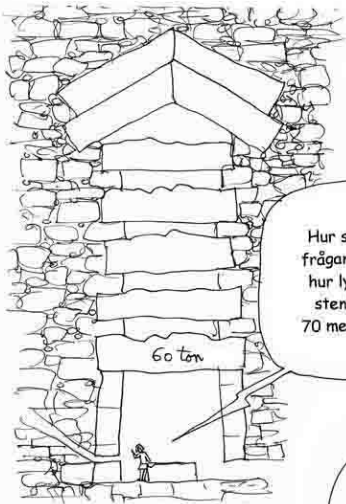
Att forsla 60 ton uppför en 11° lutning motsvarar tre tons tyngd, vilket kräver 150 arbetare. För att rymma dem, måste rampen vara 15 meter bred.

Hur gör de vid vändningarna?



Och hur sitter rampen fast i pyramiden?





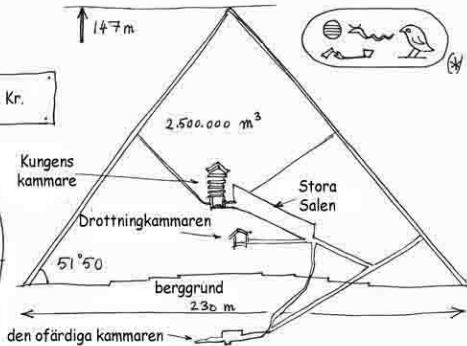
60 ton

Kungens kammare,
Cheops pyramid (*)

2560 f. Kr.

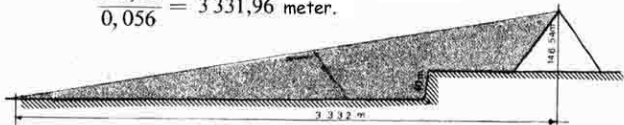
Hur som helst,
frågan kvarstår:
hur lyfter man
stenblock till
70 meters höjd?

Den första idén
var en rak ramp av lesten,
armerad med trä



(*) Uttalades snarast "Chawjaf" (Cheops)

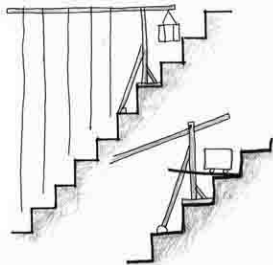
$$\frac{186,59}{0,056} = 3\,331,96 \text{ meter.}$$



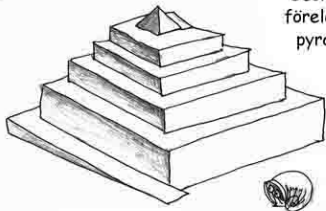
Eftersom Cheopspyramiden är byggd på en klipplata 40 meter över Nilen måste den RAKA RAMP som Lauer länge förfäktade ha varit över tre kilometer lång och haft en volym flera gånger större än pyramiden själv; den borde ha lämnat spår efter sig.



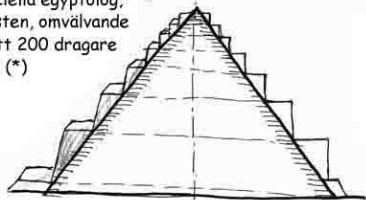
MASKINISTERNA föreslår å andra sidan en kaskad av svänglar vars balkar alltid belastas genom BÖJNING.



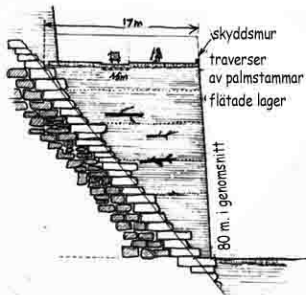
Georges Goyon, kung Faruks officiella egyptolog, förelär en spiralformig ramp i lersten, omvälvande pyramiden, så bred (15 meter) att 200 dragare kan arbeta samtidigt. (*)



Men en sådan ramp, fäst i pyramidens sidor, har problem med sin mekaniska styrka.



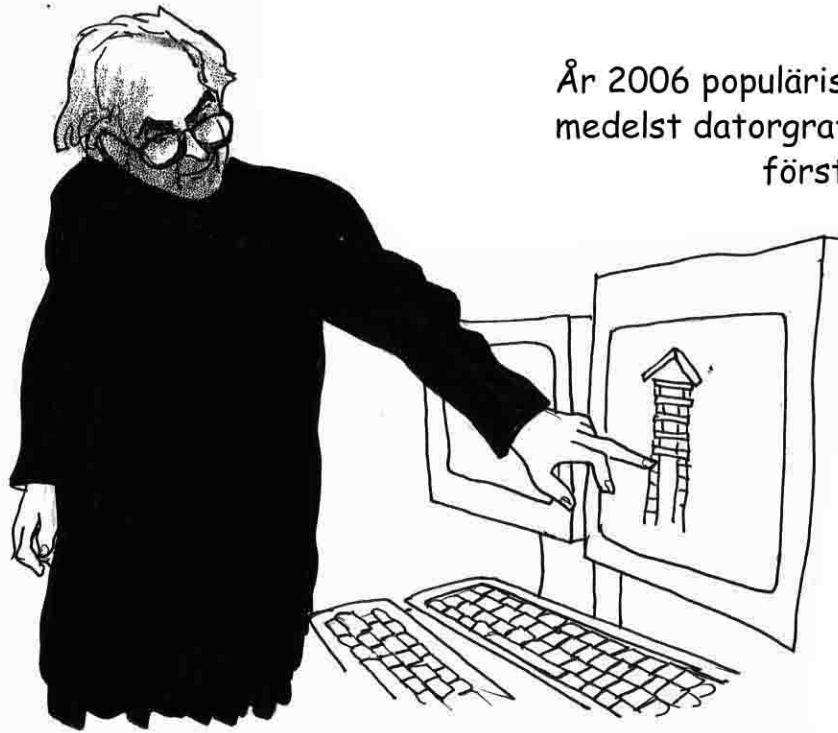
Ett annat problem: vi förlorar kontakten med pyramidens sidor.



Georges Goyon, CNRS
1905-1996

Pyramiderna är uppförda med centimeterprecision, vilket innebär att alla stenar placerats ut med tillgång till en lodlinje.

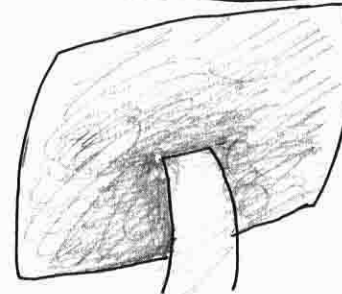
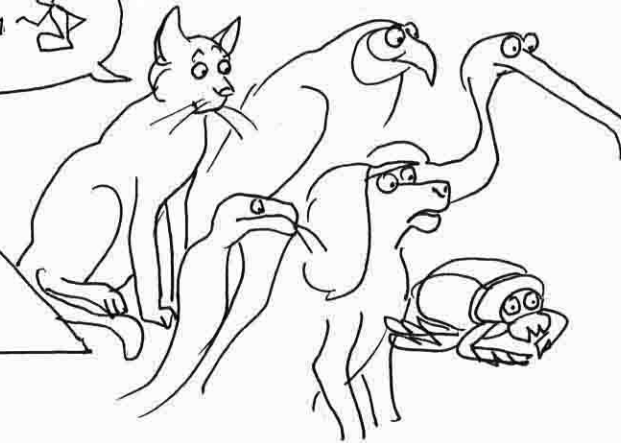
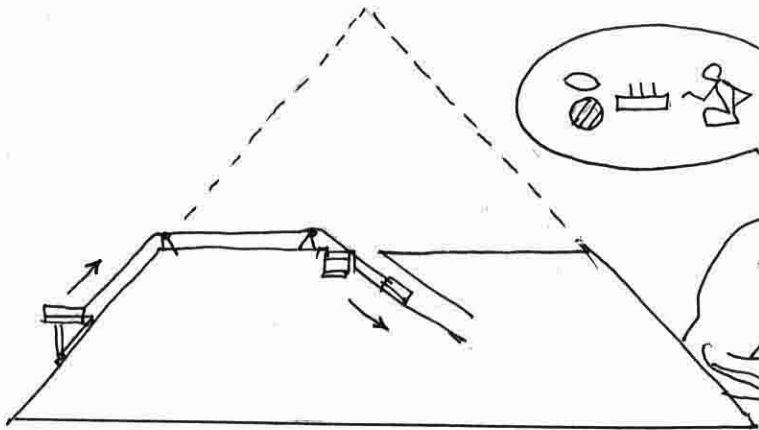
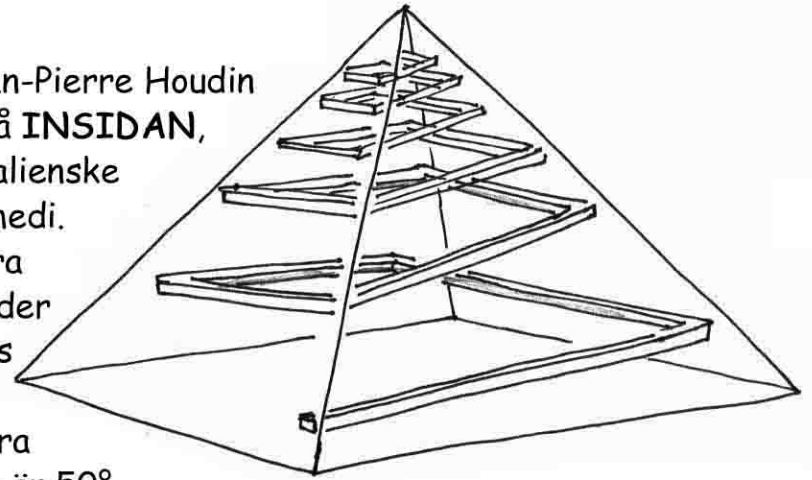
(*) Le Secret des Grandes Pyramides, nyttgåva 1997. Editions Pygmalion, France



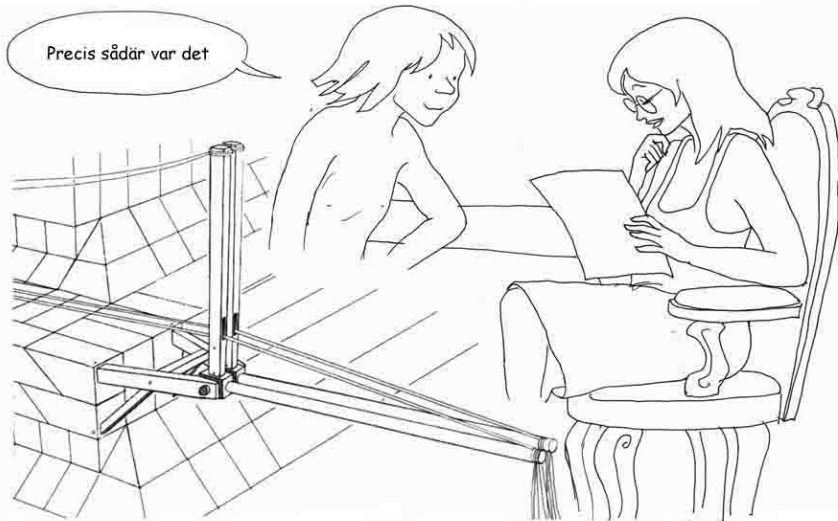
År 2006 populariserade arkitekten Jean-Pierre Houdin medelst datorgrafik idén om en ramp på **INSIDAN**, först föreslagen av den italienske ingenjören Elio Domedi.

För att låta de stora blocken lyftas använder Houdin Pierre Crozats idé med en motvikt som glider genom stora gallerian, vars lutning är 50° .

Så en hiss med en motvikt i stora salen skulle ha drivit denna bergbanans föregångare.



ANSELMS ViSiON (*)



(*) Se videon http://www.jp-petit.org/VIDEOS/pyramide_montage.mov

Jag såg två armar som gick upp och ner.

Vad kom dem att röra sig?

Firningsrep

en knästående arbetare styr de självsäkrande knutarna växelvis över dragrepen, vilka sträcks omväxlande av de två armarna

Dragmaskinens arm

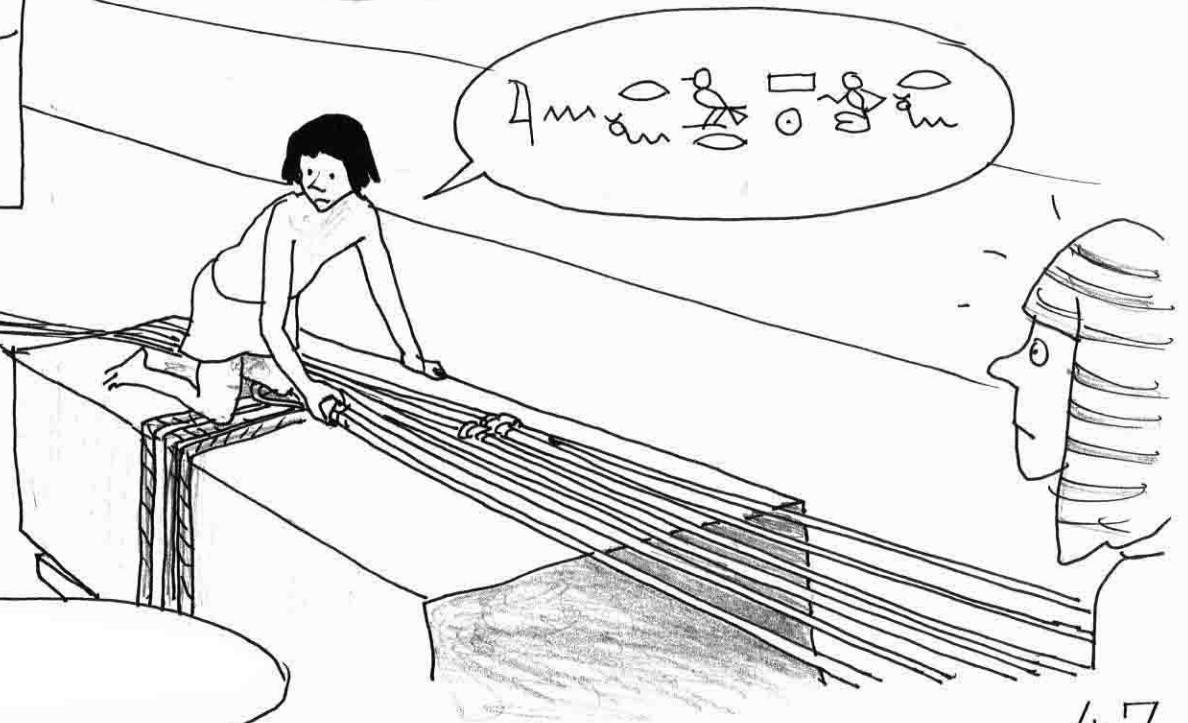
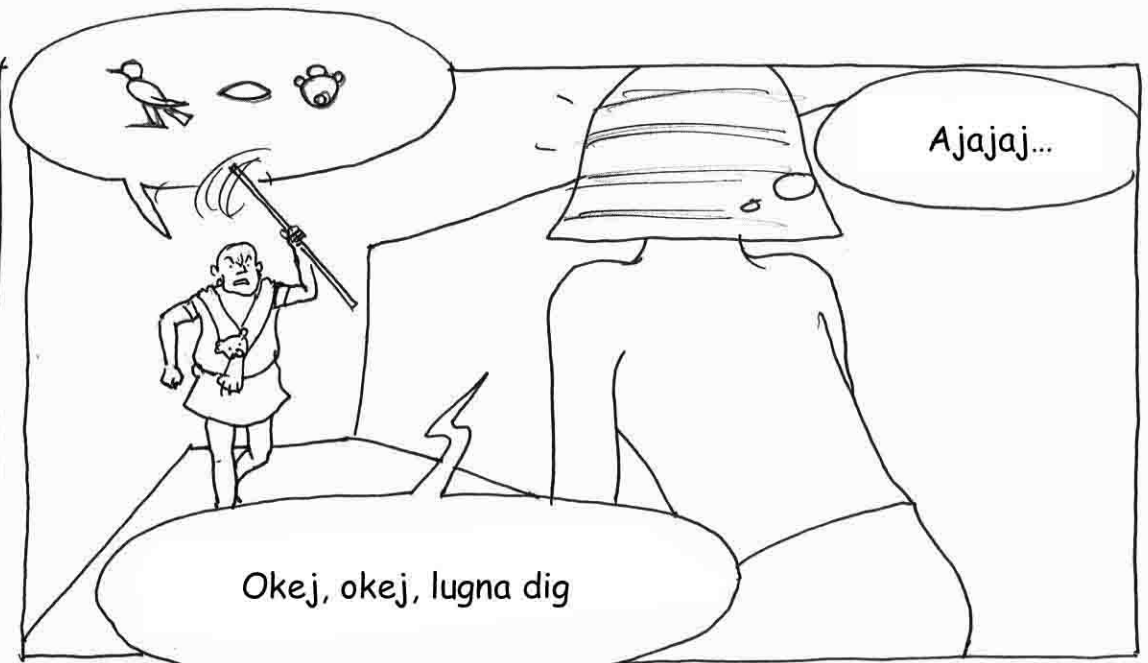
Firningsrepens motvikt

stentrissa

blockhus

två sexmannalag

Jag klättrade upp på rampen för att titta närmare och då blev jag avbruten av en snubbe med rakad skalle som bar ett panterkinn.





Vad gjorde du sedan?

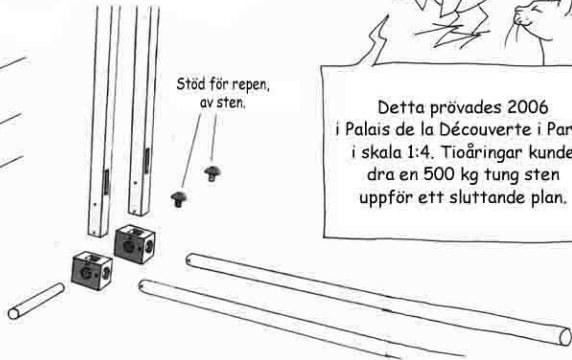
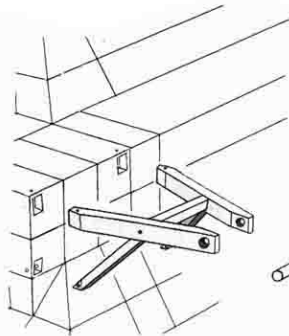
Och alla arbetarna
på plattformen föll på knä.

Jag flög iväg.

Och jag återvände
till hotellet och skrev
ner allt

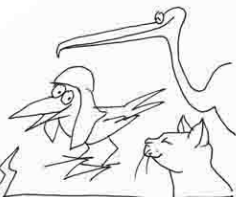
Den här maskinen, kan du beskriva den helt?

Till punkt och pricka!



Stöd för repen,
av sten.

Detta prövades 2006
i Palais de la Découverte i Paris,
i skala 1:4. Tioåringar kunde
dra en 500 kg tung sten
upp för ett sluttande plan.



I din maskin utväxlas en stor kraft men till priset att lasten bara rör sig 20 cm varje cykel. Så varje gång måste maskineriet återställas, eller hur?

En modern tillämpning av hävstången (*)

Som en nötknäppare

Du glömmer att det finns TVÅ maskiner som turas om.

Ett barn, sittande på blocket, rör två självsäkrande knutar

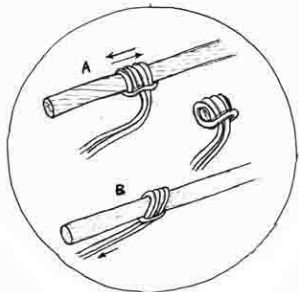
En modern tillämpning av knutar.

Du igen!

50

(*) faktiskt citat





Försök med ett kvastskäft och ett snöre, det funkar riktigt bra.

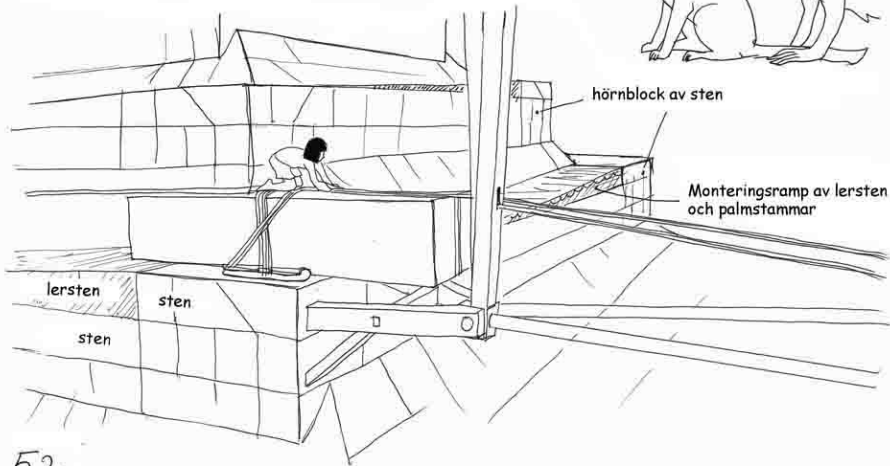
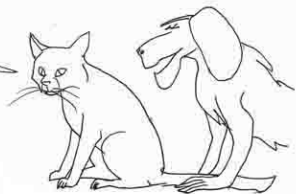
Blocket kom upp snabbt, utan avbrott.

Ja, men vad händer när du kommer till ett hörn?

Inga problem

Goyons ramp var av lera. Den här är av sten.

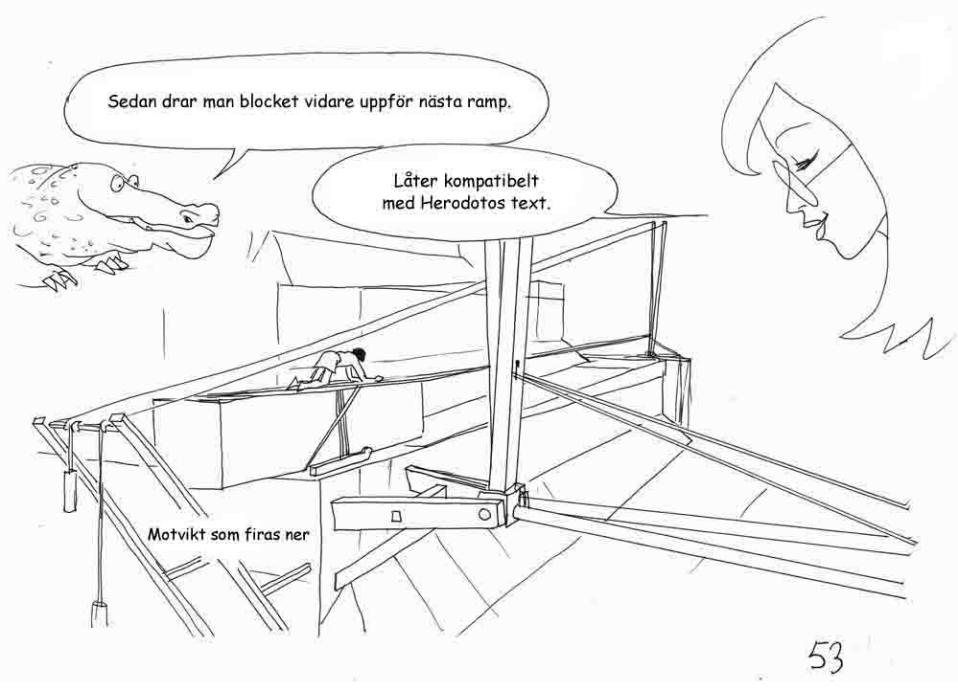
När blocket når ett hörn hamnar
det på en horisontell plattform gjord
hal med blöt silt. På den ytan kan det glida.



Sedan drar man blocket vidare uppför nästa ramp.

Låter kompatibel
med Herodotos text.

Motvikt som firas ner





Herodotos, den grekiske historikern, verksam på 400-talet f. Kr., samlade vittnesmål från egyptiska präster om pyramidernas konstruktion, och gav följande beskrivning:

Ἐποιήθη δὲ ὡδε αὕτη ἡ πυραμὶς ἀναβαθμῶν τρόπον, τὰς μετεξέτεροι κρόσσας, οἱ δὲ βωμιδας ἀνομάζουσι τοιαύτην τὸ πρῶτον ἐπέτε ἐποίησαν αὐτήν, ἥειρον τοὺς ἐπιλοίτους λίθους μηχανῆσι ξύλων βραχέων πεποημένοι, χαράθην μὲν ἐπὶ τὸν πρῶτον στοίχον τῶν ἀναβαθμῶν ἀείραντες ὅκως δὲ ἀνίαι ὁ λίθος ἐπ' αὐτόν, ἐς ἐτέραν μηχανὴν ἐτίθετο ἐστεύωσαν ἐπὶ τοῦ πρώτου στοίχου, ἀπὸ τούτου δὲ ἐπὶ τὸν δεῦτερον εἴλκετο στοίχον ἐπ' ἄλλης μηχανῆς. Ὅσοι γὰρ δὴ στοίχοι ἦσαν τῶν ἀναβαθμῶν, τοσαῦται καὶ μηχαναὶ ἦσαν, εἴτε καὶ τὴν αὐτὴν μηχανὴν ἐοῦσαν μίαν τε καὶ εὐβάστακτον μετεφόρεον ἐπὶ στοίχον ἕκαστον, ὅκως τὸν λίθον ἐξέλειον· λελέχθω γὰρ ἡμῖν ἐπ' ἀμφότερα, κατὰ περ λέγεται. Ἐξεποίηθη ὃ ὦν τὰ ἄνωπια αὐτῆς πρώτα, μετὰ δὲ τὰ ἐχόμενα τούτων ἐξεποίηεν, τελευταία δὲ αὐτῆς τὰ ἐπιγία καὶ τὰ κατωτάτω ἐξεποίησαν.

Pyramiderna byggdes med ramper (nom. pl. anabathmoí, ἀνάβαθμῶν), som vissa kallar steg (nom. pl. krossai, κροσσας) och andra plattformar (nom. pl. bōmoí, βωμιδας); och när de uppfört den första av dessa, lyfte de de återstående stenarna (λίθους) med maskiner (μηχανῆσι) byggda av (βραχέων) timmer (ξύλων), och när stenen lyfts upp till det första steget överfördes den till en maskin stående där, och lyftes så till nästa steg; för så många som stegen var, så många var maskinerna, eller också använde man samma maskin, byggd så att den lätt kunde bäras från ett steg till ett annat.

(<http://www.cheops-pyramide.ch/khufu-pyramid/herodotus.html>)

Anselms system är en kombination av maskin och ramp, med den skillnaden att rampen är av sten. Herodotos "krossai" (κροσσαι) är stenar som sticker ut från pyramiden, vad arkitekter kallar kragstenar. Hela lasten vilar alltså på horisontella element.



Bomidoi (βομιδοι) är plattformerna i hörnen på vilka tunga laster kan vridas. Som Herodotos säger, kan dessa lyftas upp till nästa nivå, osv. Anselm och Sofie har gjort omfattande försök med papper och lim, för att testa de lösningar Anselm såg i sin dröm. Allt detta återfinns i ett appendix, så att du kan bygga din egen modell. Eftersom den verkliga rampen är av sten kan den bära laster på flera ton.

Rampen är så bred att upp- och nergående arbetslag kan mötas. När arbetet är utfört återstår endast få block som inte kan användas (triangulära). Resten kan återanvändas vid bygget av andra pyramider, i deras yttre rampar. Det var så Sneferu, Cheops far, byggde sina två pyramider vid Dahshur. På samma sätt byggde hans son Cheops, hans sonson Chefren och hans sonsonson Mykerinos sina.

Det är fantastiskt hur stora galleriet stegvis smalnar av uppåt.



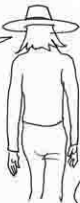
Ännu ett skydd mot jordbävningar.

De gamla egyptierna var fullt kapabla att bygga valv. De byggde många, som delar av byggnader som inte var avsedda att stå för evigt. Som lagren i Ramasseum vid Luxor.



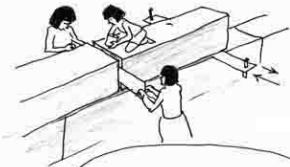
Den här råkar ha förskonats från jordbävningar. Annars hade den rasat ihop direkt.

Tänk på stenblocken i stora galleriet. Vi kunde inte ens få in ett rakblad i skarvarna.



Det finns en lösning på problemet (*)





2004 föreslog Jean-Pierre Petit att arbetarna bearbetade ytorna in situ genom att putsa dem med ett kopparband och slipkorn (*). För vertikala skarvar kan man blanda i silt, och få en abrasiv deg.

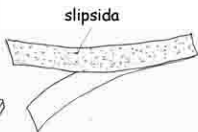
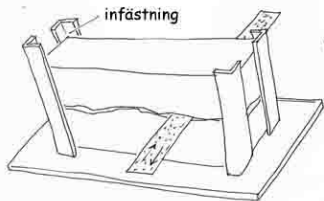
Till slut fogas blocken samman, kanske längs en krökt yta, vilket ökar deras stabilitet vid smärre jordskalv.

Fantastiskt!

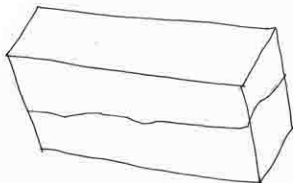
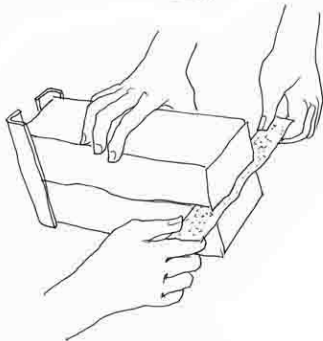


Du kan undersöka metoden med två bitar balsaträ. Rugga först upp de två ytorna med något verktyg. Putsa dem sedan med tvåsidigt sandpapper förfärdigat av två band.

(*) Av smärgel, rikligt förekommande i Aswan i södra Egypten

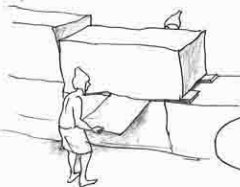


två remsor sandpapper,
hoplimmade rygg mot rygg



Resultat: de två blocken får två krökta
men parallella sidor och sitter tätt ihop.

Baserat på forntida byggnader i Sydamerika föreslog Jean-Pierre Petit (2004) att abrasionen av angränsande ytor kunde uppnås med hjälp av en ullfilt doppad i ett lämpligt pulver.



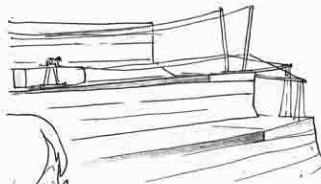
Värt ett försök



Vad mer kommer du ihåg?

Jag såg...
många saker...





Medan maskinerna arbetade
växelsvis och lastade en träkärra,
med medar som gled på leran,
märkte jag att ramperna bestod
av flera lager.



Alla rampsystem har samma problem:
hur fäster man dem i en vägg som lutar 52°?



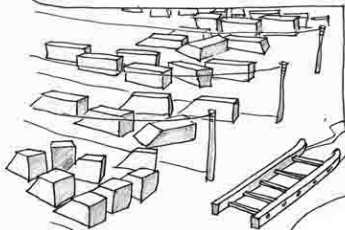
Den här rampen var av **STEN**.



Visst, men var är de hundratusentals kubikmeter
byggmaterial som ingick i den, och som måste ha blivit över
när **STENSTÄLLNINGEN** avlägsnats?

På platån såg jag många block, ordnade gruppvis. Vissa var noggrant

huggna i fin kalksten. Andra, av lägre kvalitet, hade bara två parallella ytor, helt plana. Det fanns också en hög med bråte som arbetare lastade i säckar.



Låt oss tänka arkeologiskt.
Vi fann många av stenarna på platsen.
Det du säger antyder att ytterlagrets stenar redan var huggna när de kom till pyramiden.




Unaspyramidens ytskikt (vid Sakkara)




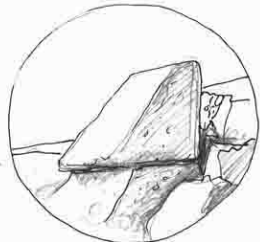
Cheops, basen




Den böjda pyramidens ytskikt




Vid Giza fann vi
TRIANGULÄRA STENAR
i mängder.



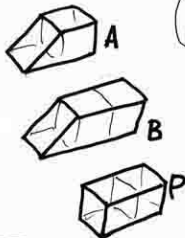
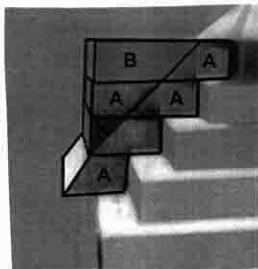
Platsen brukade tjäna som stenbrott för Kairo,
som ligger nära. De triangulära stenarna lämnades
kvar såsom varande oanvändbara.



De dög inte till pyramidfasad.



Det här kanske
är resterna av
din stenramp.

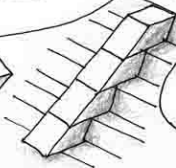


Vad tror du om rammodellen, den med tre byggstenar: typ A, typ B och parallelogrammen P. Jag såg dem i drömmen.

När pyramiden är färdigbyggd behöver vi bara avlägsna komponenterna A och B, och sedan planhugga den skuggade ytan för att få pyramidens fasad.

Men vad blev av blocken av typ A och B?

Det skulle förklara de triangulära blocken.



Dem sparar man
till nästa pyramid!

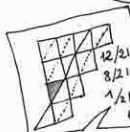


Enligt vad du säger, Tiresias,
var pyramiderna byggsatser!

Inte konstigt att Cheops
kunde bygga sin egen på bara 25 år.

Stenstrukturen
är tillräckligt bärkraftig
för att tåla tiotals ton.

Lerbrickorna
ger en måttlig lutning.
När delar av rampen
är byggda i förväg,
blir spillet minimalt.



57% av stenen i rampen blir fasad.
34% går till nästa pyramid.
Bara 6% går till spillo.

Det kvarstår att reda ut hur ramperna (krossai) sitter ihop med plattformerna (bomidoi) i hörnen.



JEAN-PIERRE PETITS STENRAMP

Sofie och Anselm började bygga modeller av kartong, med rutor 5 mm i kvadrat. Vi skall också börja så:



ALGORITMEN

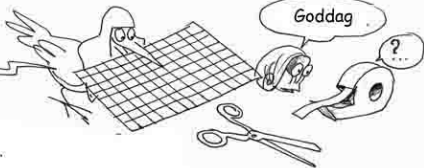
Den löser följande geometriska problem:

Hur kan man **REKURSIVT** bygga ett objekt med fyrfaldig symmetri (en pyramid) med hjälp av ett objekt som följer en stigande spiraltrappa?



Vi vill att objektet ska kunna byggas runt pyramiden och dels vara en byggställning, dels möjliggöra transport av stenblock och fasadsten uppför pyramiden. Dessutom ska det vara materialsnått (*).

Vårt utgångsmaterial blir rutat papper.



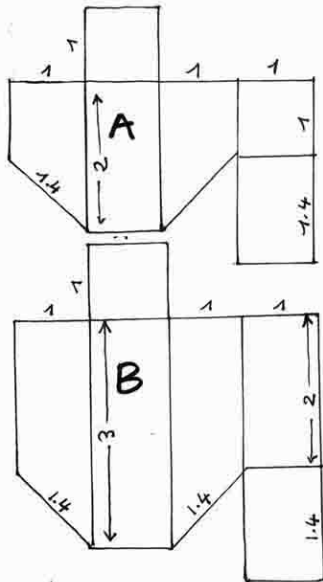
(*) De triangulära  blocken, vanliga i Giza.

Du är Cheops, den nya faraon.

Din far Snefru har efterlämnat en stor hög med färdighuggna stenblock som han använt för att bygga sin RÖDA PYRAMID och sin BÖJDA PYRAMID, längre söderut, vid Dashur. Med detta byggkit kan du låta uppföra din egen jättepyramid på bara tjugo år. Stenbrottet i Giza levererar grov sandsten som ligger i horisontella lager, separerade av lera.

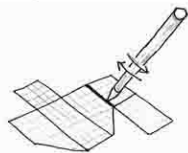
Du kommer att bygga block av typ A och B (*).

Det är lite tråkigt, vi vet.
Men det är priset för grundlig
förståelse.

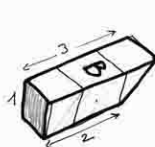


(*) Om du väljer att bygga i trä är ett lämpligt tvärsnitt 2 cm gånger 2 cm.

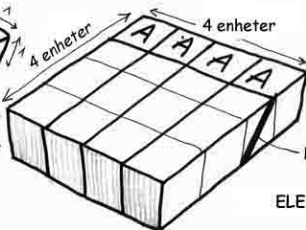
Längderna är bara förslag. Enheten är u.



en enhet = 2cm



en enhet



ELEMENT C

Genom att rista med en penna eller brevkniv kan du underlätta vikningen av det tjocka papperet.

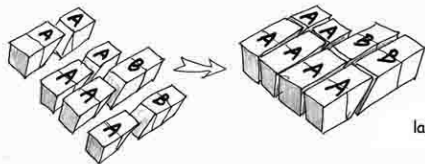
Fyra element av typ A och fyra av typ B ger ett element C som utgör rampen på vilken monoliter vägende 20 till 60 ton (totalt 52 i fallet Cheopspyramiden) kommer att vridas 90° på ett halt underlag av lera, en teknik som återgivits i en basrelief där vi ser 172 dragare dra Djehutihoteps staty (se s. 29)

Om du tvivlar på metodens effektivitet, håll diskmedel på golvet i badrummet och försök passera rummet utan att stå på näsan!

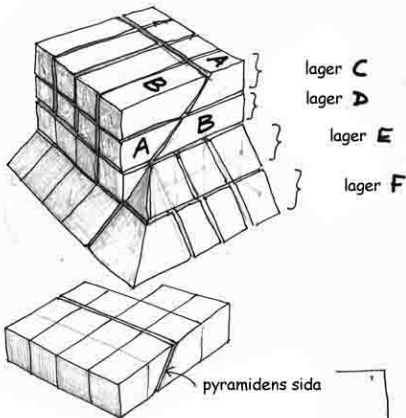


HÖRNBITEN består av fyra lager av färdighuggna stenar.

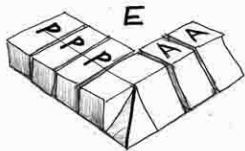
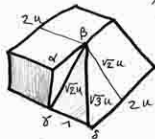
Nedan visas hur nästa lager förfärdigas, lager D, också det av A- och B-block.



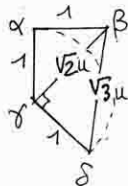
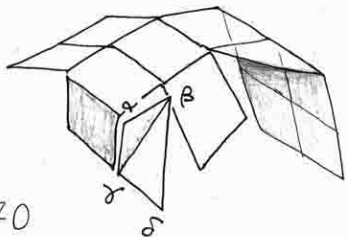
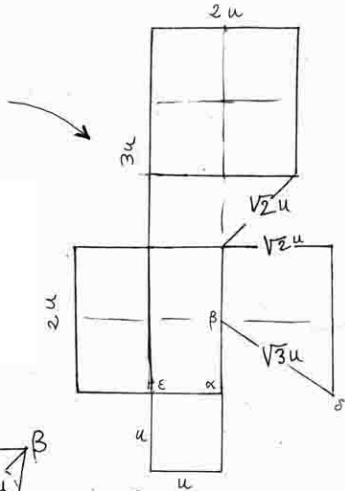
lager D



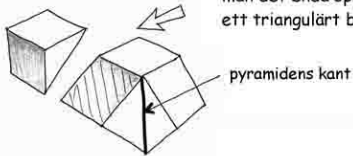
I det följande skall vi tänka oss att lutningen är 1, dvs att pyramidens sida lutar 45° från horisonten. Men de riktiga pyramiderna har brantare sidor. Keops lutning är $14/11$ motsvarande $45^\circ 30' 34''$. Purister kan justera enheten för det horisontella rutnätet till $11/14$ u dvs $0,7857u$.



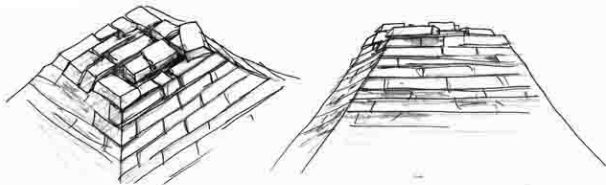
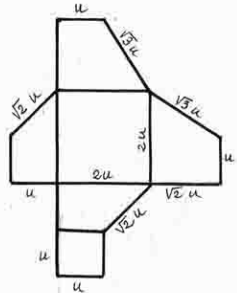
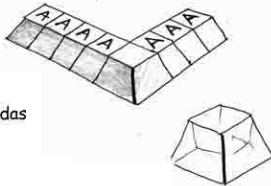
Uppsättningen E består av två A-block, tre parallelepipeder av dimension $u \times u \times 2u$ och ett block som kan byggas av rutnätet till höger.

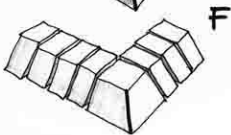
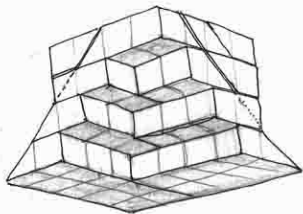
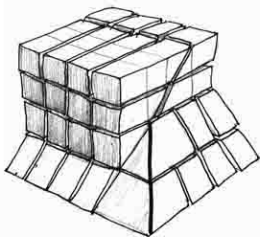
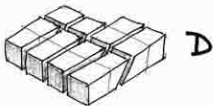
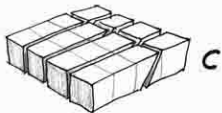


När man hugger ett E-block åstadkommer man det enda spill som denna metod genererar: ett triangulärt block av det slag som Giza myllrar av.



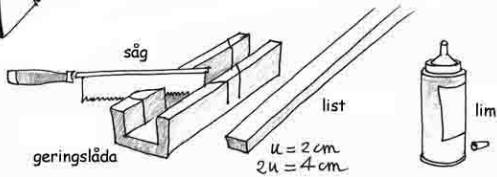
Det sista lagret F består av 7 A-block enligt nedan. Samtliga blir en del av fasaden. Liknande arrangemang kan beskådas i toppen av Kephrens pyramid.





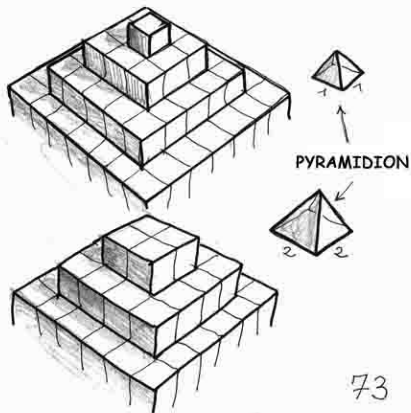
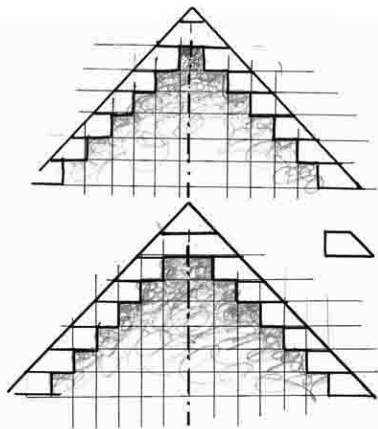
För att bättre förstå blockens geometri är det nyttigt att bygga en modell.
Ett bättre material än papper är trä.

Här är materialet du behöver:



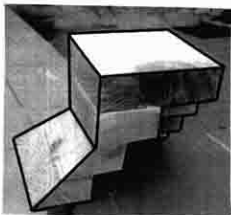
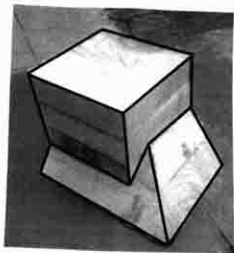
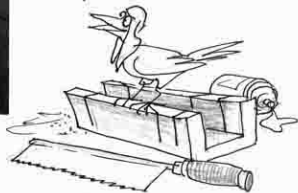
Vi antar att du har flera uppsättningar av block. Härnäst ska vi se hur de kan lämpas över från en avsats till nästa, och bilda en **SKRUVFORMAD RAMP** av sten. Först måste vi bygga grunden.

Det finns två slags grunder, illustrerade nedan. Sidorna är identiska. Skillnaden mellan pyramiderna blir synlig först när toppen byggs.



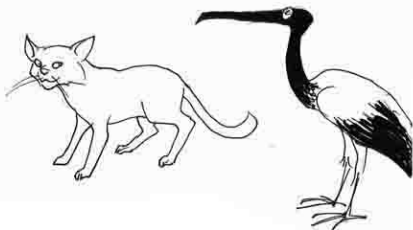
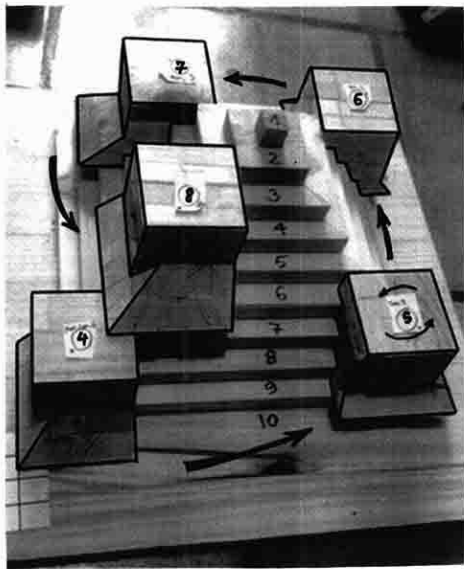


Här är en modell
med några lager gjorda av
lister 2 cm gånger 4 cm,
såg och lim.



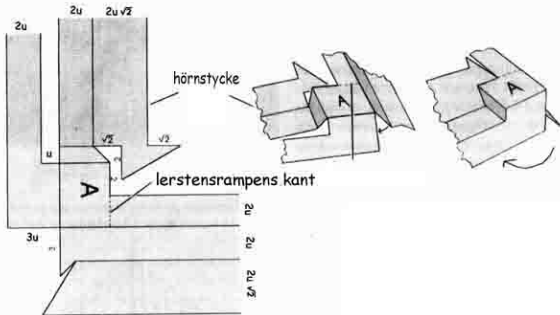
Och hörnstycken av trä.



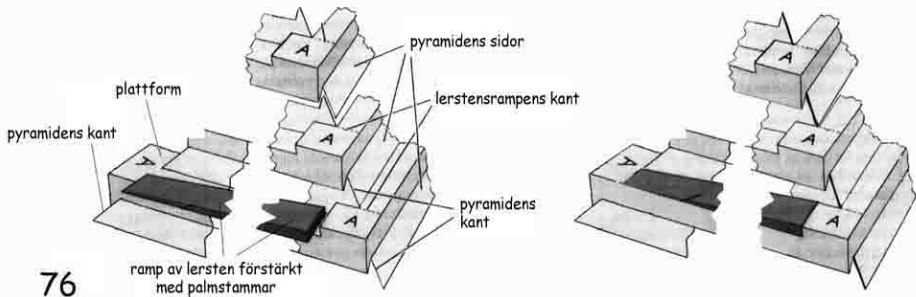


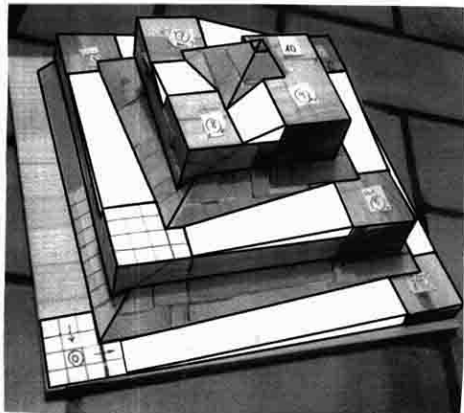
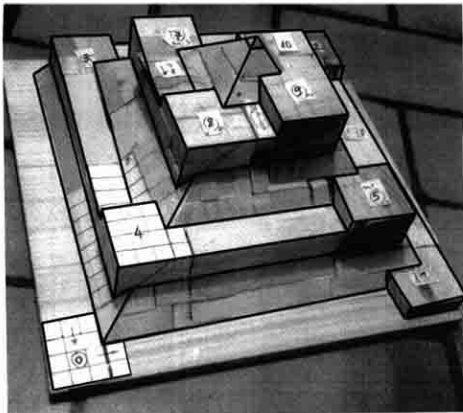
Detta är problemets lösning.
Låt oss utgå från position 4,
med hörnblocket vilande på nedersta skiftet.
Vi skjuter det till nästa hörn, där det vrids 90°
och lyfts till nästa skift (5). Operationen
upprepas i 6, 7 och 8. Genom detta
REKURSIVA förfarande byggs stenrampen
successivt upp. (*)

(*) REKURSION kommer att bli en viktig idé i artonhundratalets matematik (och därefter).



Detta förfarande klargör hur hörnbitarna passar ihop, stöder varandra och följer pyramidens kant.

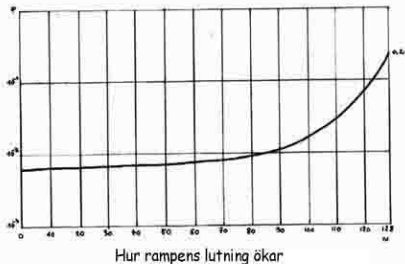
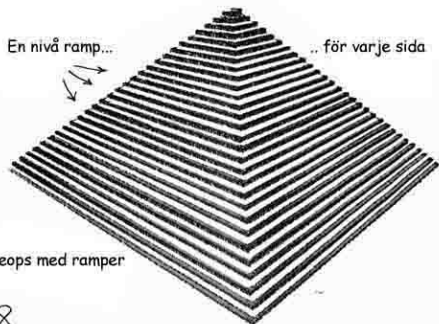


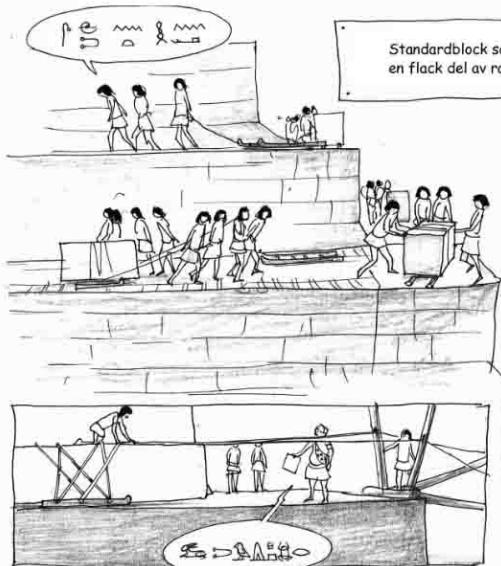


Det är lätt att konstruera HÖRNSTYCKE 4 till 10 av A- och B-block och parallelepipeder med sidor $(u, u, 2u)$. På så sätt byggdes modellen i vänstra bilden. I högra bilden är ramperna tillagda (vitt). För den som vill studera processen i detalj hänvisar vi till appendixet, som i bilder visar alla steg inklusive det sista, där pyramiden får sin fasad.



För att sammanfatta har vi ett system med stenramper, breda nog att låta arbetare mötas. Vissa drar kälkar lastade med 2,5 tons stenblock uppför rampen, andra drar ner de tomma kälkarna. De första fyra femtedelarna av vägen är rampens lutning mindre än 1%, så att bara ett fåtal dragare behövs. Vid hörnen behöver blocken vridas, vilket går fint om underlaget är halt. Rampen har ungefär trettio etapper och lutningen stiger markant bara mot slutet, nära pyramidens topp. Rampens totala längd är 13 kilometer.





När de 52 monoliterna av granit ska dras upp, behöver vi en annan teknik: maskiner (s. 45-53). Med hjälp av dessa kan två sexmannalag åstadkomma alternerande dragkrafter från 400 till 1200 kilo.

SÄTTNINGAR OCH JORDBÄVNINGAR

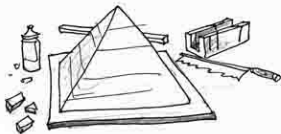


Okej, huvudproblemet med att få upp stenblocken verkar gå att lösa. Men sedan då?

Pyramidens arkitekt har två huvudproblem. Det första har med jordmekanik att göra, nämligen **SÄTTNING**. Det andra är **SEISMISK AKTIVITET**.

Har du hört talas om det här i din loge?

Nej, och ändå var jag invigd i högsta graden. Jag fattar inte.



Cheopspyramidens volym är 2,5 miljoner kubikmeter. Med en genomsnittlig volym på en kubikmeter per block går det åt 2,5 miljoner block, väl?



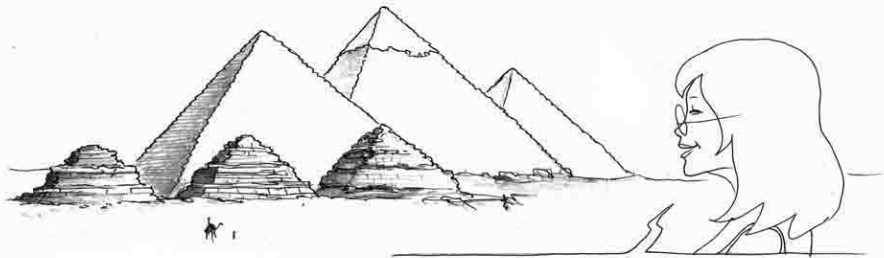
Upptäckten av **PYRAMIDTEXTERNA** på 1800-talet ger dem och deras begravningsplatser skenet av ett metafysiskt maskineri, med en komplex tematik. Detta föranledde egyptologer att försöka tolka strukturerna **SYMBOLISKT**. Referensen till "en trappa för farao att nå himlen" kan tänkas vara upphovet till trappstegspyramiderna.

Är pyramidernas arkitektur en översättning till sten av religiösa teman?



Eller, omvänt, är de religiösa texterna ett sätt att dokumentera lösningar på tekniska problem?



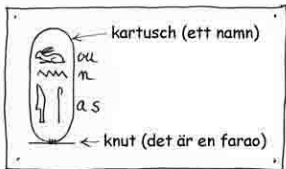


Stegstrukturen är ubikvitär bland pyramiderna, exempelvis de tre satellitpyramiderna hörande till Menkaures pyramid (synlig i bakgrunden). Det verkar rimligt att anta att dylika steg också återfinns under ytan på pyramiderna i Giza, som är mindre skadade än de andra av tjuvar, som arbetat under Egyptens hela moderna historia. Poängen är att vi kan fråga oss om inte den äldsta pyramiderna, farao Djosers vid Sakkara, byggd av Imhotep, inte också ursprungligen var en slät pyramid, sedermera förvandlad till en trappstegspyramid av stentjuvar.



Farao Djosers pyramid vid Sakkara (2600 f. Kr.)

De flesta av de sextio kända pyramiderna i Egypten har mycket slitna utsidor till följd av stensöld som pågått sedan faraonisk tid. Nedan ser vi farao Unas (2320 f. Kr.) pyramid, vars insida innehåller de äldsta PYRAMIDTEXTERNA.



Sakkara, resterna av Unas pyramid
Ursprunglig höjd, 43 m. Idag: 11 m.

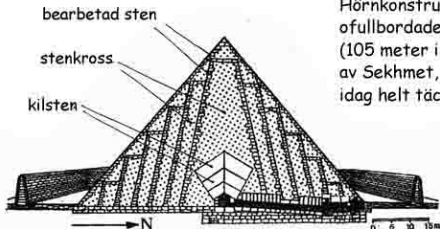
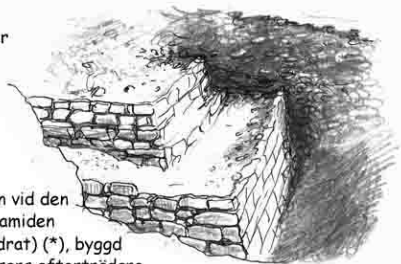
Varför klarade
sig pyramiderna i Giza
från plundring?



Ytterlagret av fin kalksten
är nästan helt borta, förutom i toppen
av Kephrens pyramid. Men kalkstenen
från stenbrotten på platån innehöll
många snäckor och var av
dålig kvalitet. (*)

(*) Kalksten är en sedimentär bergart

Den interna strukturen som kom i dagen i vissa pyramider antydde att lutande väggar varvades med stenkross. Den tyske egyptologen Ludwig Borchardt leddes 1900 till diagrammet nedan.



Tvärsnitt av Sahure-pyramiden enligt Borchardt
 Ursprunglig höjd 47 meter, idag 36 meter

Hörnkonstruktion vid den ofullbordade pyramiden (105 meter i kvadrat) (*), byggd av Sekhmet, Djosers efterträdare, idag helt täckt av sand.

Med LUTNING för stabilitet

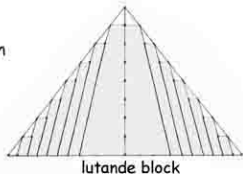
Stenkrosset användes på samma sätt i tempelpylonerna.



Som för Unas pyramid är målet att bygga en gravkammare så högt över marknivån som möjligt. Detta har lett designern till att använda kilstenar för att lateralt omfördela de stora krafter som skapas av stenmassan ovanför kammare. Systemet är också jordbävningssäkert.



Men önskan att höja gravkammaren krävde pelare till stöd, vilket ledde till...



Många specialister och experter tror fortfarande att pyramidernas byggmästare baserade sina byggen på **EMPIRISK KUNSKAP**. De var fast beslutna att skapa hållbara strukturer och var medvetna om jordbävningsrisken. De visste väl vad de gjorde, och tillämpade sofistikerade och originella lösningar på alla nivåer.

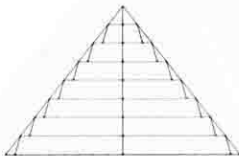
Men de hade knappast förväntat sig att pyramidernas livslängd vanns främst genom valet av lågkvalitativ sten.



Men Borchardts idé var oförenlig med observationer och fick till slut överges till förmån för ett annat paradigm: att trappstenspyramiderna var inspirerade av sina föregångare, **MASTABORNA**, och väsentligen var travar av dessa.



mastaba



staplade trappor




Stenlager med stark lutning.
Djosers pyramid.



Två och en halv
miljon block för Kepos?
Jag kan spara block genom
att använda skrotsten (*)



Låt oss ta Borchardts
idé till heders, med en
STENSTÄLLNING plus
skrotsten som utfyllnad.



Det stämmer med vad jag såg i min dröm (s. 48).
De koncentriska kvadraterna är gjorda av sten från stenbrottet i Giza,
med de horisontella ytorna tätt sammanfogade, så att friktionen
motverkar tendenserna till KRYPNING. För att få lutningen behöver
man bara förskjuta stenarna något i varje nytt lager.

Men din skrotsten
kommer att sätta sig.
Det är instabilt.

Inte om vi häller i PUTS efterhand,
för att fylla ut hålrummen och göra det inhomogena
materialet inkompressibelt.

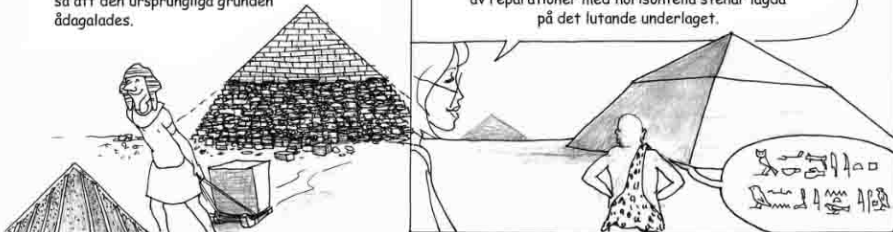
Det påminner mig om en sak.
Man tänker sig att den böjda pyramiden var
avsedd att ha en lutning överstigande femtio grader,
men en sådan struktur hade varit instabil.

Arkitektprästerna skulle därför
ha ändrat lutningen till 43°, vilket gav upphov
till den märkliga formen.



Men en annan möjlighet är att pyramiden
efter sitt färdigställande plundrades
så att den ursprungliga grunden
ådagalades.

Dess nuvarande form skulle då vara resultatet
av reparationer med horisontella stentar lagda
på det lutande underlaget.



Utan vandalism och reparation skulle den ha varit en kopia av den röda pyramiden (i bakgrunden)

87 bis

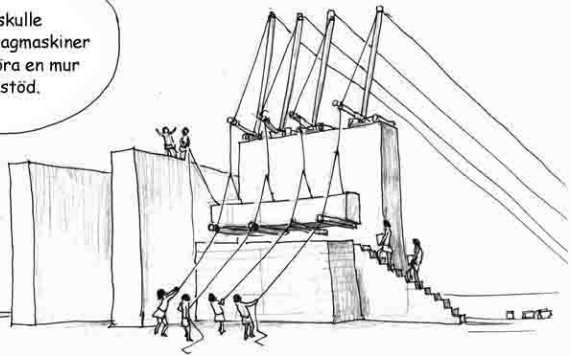
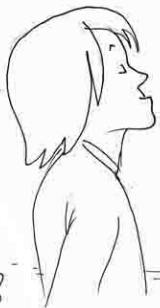
Det möjliga gör vi direkt. Det omöjliga tar lite längre tid.



Att få upp monoliterna är inte det enda. Hur ska du hantera dem, kära äventyrare?



Jag skulle använda dragmaskiner och uppföra en mur som stöd.

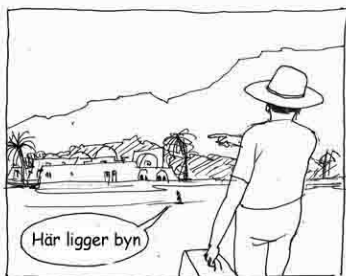




Jag tycker att vi bör visa Antoine detta.



Han bjöd in oss till Luxor för länge sedan. OK, vi packar och åker.





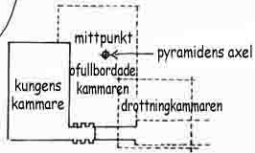
Objektet Anselm beskriver, som undviker att nöta ut repen, existerar. Det är gjort av basalt och upptäcktes 1932 i Giza av egyptologen Selim Hassan nära ruinerna efter drottning Khentkaoues pyramid.




Jag har kollat på anteckningarna ni sände.

Vi tog en titt. Förutom rummen under marknivå är alla rum vid sidan av pyramidens axel.


Stenrampen: inte illa. Och ni har tänkt på den centrala pelaren. Men hur ska rummen placeras ut?




Cheops



De triangulära blocken? Jag ser dem främst som rester kvarlämnade av rövare. Men det är bara en åsikt. Det är enklare att tänka sig reparationer av skador i toppen. Beträffande de "retirerande blocken" gissar jag på nötning. De är inte så hårda och homogena som man kan tro. Färdighuggna block, visst, men med bosseringar som måste avlägsnas när arbetet slutförs.



Och beträffande resonemangen om frånvaron av lersten bör du veta att till skillnad från skrotsten kan lerstenen återanvändas. Det märkte jag i Karnak.



Tja, det är du som kan det här med sten. Det är därför vi uppsökte dig.

Antoine ska visa oss utgrävningen i morgon.
Han har visst något speciellt att visa.



Beträffande idén att ytorna
är sågade är den gammal, nämnd redan
av Choisy och Petrie på 1800-talet.
För att få reda på mer ville jag göra
försök med sandstansblock.



Sandsten innehåller
ungefär 80% sand
(vanligen kvarts) och
resten är cement.
Det innehåller alltså sitt
 eget abrasionsmedel.



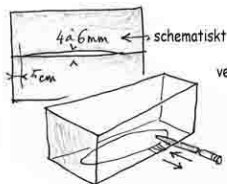
(Detta är arbetarens namn)

Under alla epoker inklusive det gamla riket fogades stenblock av alla storlekar samman så tätt att man inte ens kan få in ett rakblad i springorna. Kontaktytorna är dessutom böljande.

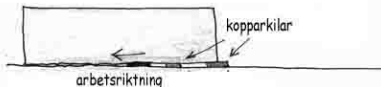
Sedan 1800-talet har egyptologer tänkt sig att de bearbetats i förväg. Antoine har på sistone intresserat sig för relativt nya byggnader (Ptolemaiska epoken (*)), i sandsten.

Ett närstudium uppdagade spår av verktygen (sågade fogar). Stenarnas kontaktytor var inte huggna rätt igenom utan bara runt kanten, till ett djup av 3-5 cm. Resten av ytan är efterarbetad.

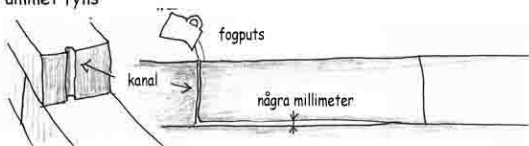
På ömse sidor skapas en fördjupning, 3-4 mm. Sedan förs ett sågblad in mellan stenarna och nedslipningen vidtar. Sandstenen tillhandahåller själv slipmedlet. Verktyget fortskrider 4 cm i minuten. Kopparkilar förs in efter hand.



verktyget: en "slö kniv"



När sågningen är klar dras kilarna ut. Hålrummet fylls med gipsputs genom en vertikal kanal. Blocken har nu kontakt över hela ytan.



En återstående ojämnhet på några millimeter räcker för att skapa god kontakt.



Jag set att du använder mjukjärn.

Tanken är att rekonstruera dåtidens verktyg.



Tja, vi har sågar för trä. Men inga stensågar har återfunnits.

Vi har bara funnit ett halvdussin modeller i mjuk koppar, utanför gravarna.



Problemet är inte bara att ren koppar är mjuk. Rena metaller är alltid mjukare än legeringar. Egyptiernas koppar innehöll arsenik och var nästan lika hård som brons.

Sågar med blad av koppar kan användas på mjuk sten, såsom kalksten.





För hårda stenar som granit har vi tandlösa sågar, som används med abrasionsmedel.



Vi vet att egyptierna borrade hål för bultar med hjälp av kopparrör och abrasionsmedel.

Röret är som en hoprullad såg!

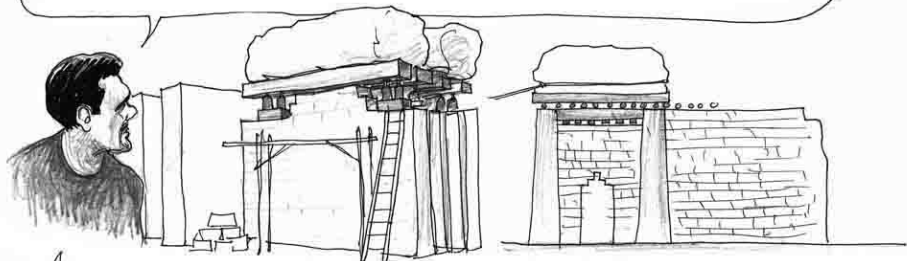


Jag ska visa er ett litet trick. Du vet att vi i Karnak har arbetat länge med att återskapa egyptiernas metoder. Dessa stenblock som utgör taket i Tutmosis III:s tempel (faraos cirka 1450 f. Kr.). Varje block väger 72 ton. Nå, vi fick upp dem.


Med en kran?




Kranen vid Karnak har en maxkapacitet på 23 ton. Men jag gillar utmaningar. Jag ville se om vi kan klara oss bara med hydrauliska domkrafter, träpålar och stenar.



Vi lyckades genom att omväxlande lyfta med domkrafter och låta tyngden vila på träblock och en stenmur som restes parallellt. När stenen var på 4,25 meter drog vi den i sidled och rev sedan hjälpmuren.

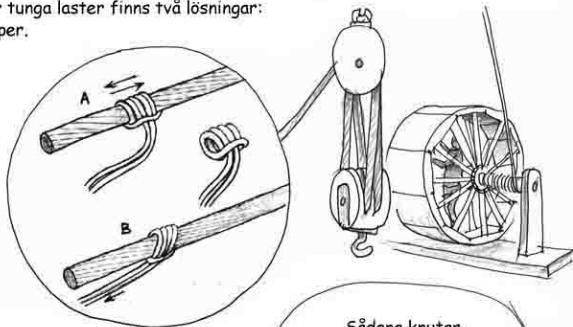


Mäktigt,
men Tutmosis III
klarade sig utan
domkrafter!



Mmm...
ramper av lersten,
rep och mankraft!

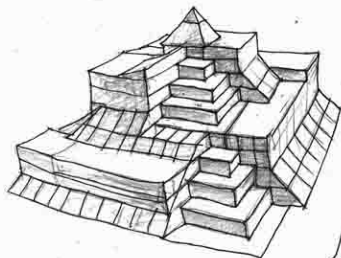
Grekerna och romarna hade maskiner av alla slag. Uppfinningen av block och talja tillskrivs Aristoteles. Vad vet vi om de gamla egyptiernas maskiner? Bara ett fåtal verktyg som använts för att hugga sten kvarstår. För tunga laster finns två lösningar: kontinuerligt arbete, eller arbete i etapper. Utan metall till hakar krävdes självsäkrande knutar.




Som alpinister använder.

Sådana knutar kan inte dras upp: repet går sönder först.






Din modell är fin.
Det är ett trevligt pussel.
Men något saknas. Pyramidens
byggstenar är inte på långa vägar så likformiga.
Tjockleken hos olika lager varierar med en faktor tre! Det beror på hur
tjock ådern är från vilken de är huggna. Du behöver ett system för
att hålla reda på blockens lägen.




Nå, ha en säker
återresa, ni två!




Du, jag tänkte på vad Antoine sade
om problemet att identifiera blocken.
Kanske ännu en tur i ditt
förra liv kunde...

Lägg ner
det där,
tack!



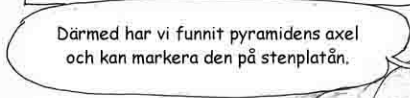
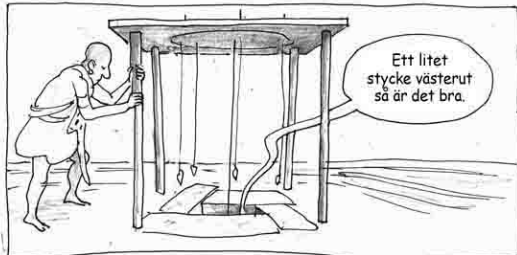
Jag försöker bara
främja egyptologin...



Ni är tillbaka i Kairo.
Bra, för ni glömde något när ni gav er av.

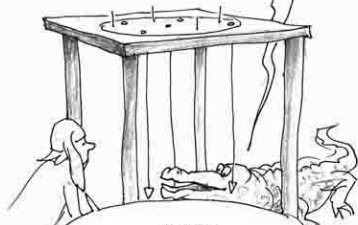




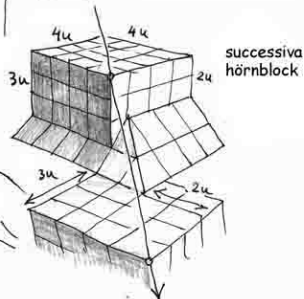
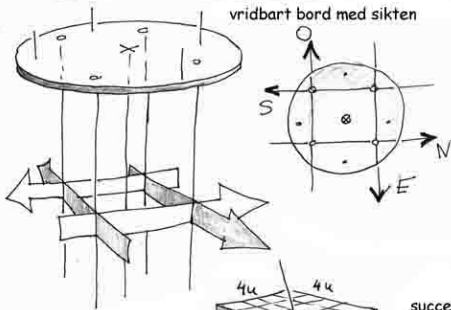


(*) Användningen av ett sådant system (lod + sikte) föreslogs av egyptologen Georges Goyon.

Sedan sänker vi ned vikter i snören, fästa i det vridbara bordet så att de parvis visar kompassriktningarna N-S-E-W.



Men de här riktningarna passerar inte genom pyramidens axel?



Även om grunden är lite ojämn kan man få hög precision på successiva lager bara man får hörnen orienterade rätt.

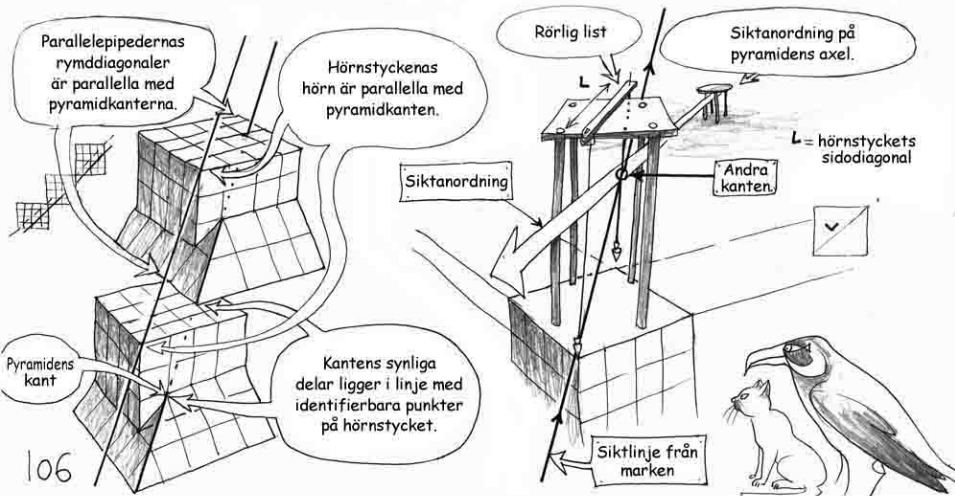
Om vi känner hörnstyckenas position tillräckligt väl kan vi använda dem till att positionera resten av nivåns kantstenar.

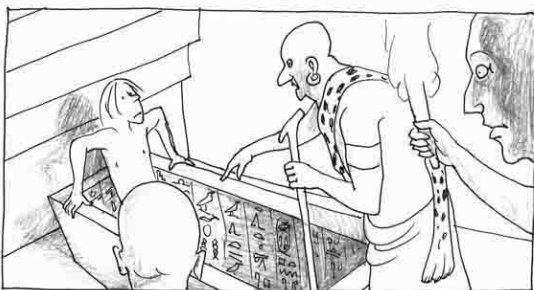
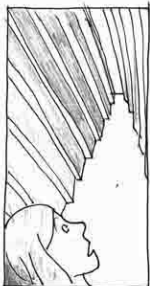
Fördelen är att när konstruktionen fortskrider kan vi positionera hörnen med centimeterprecision relativt marken, inte de andra hörnen, så att mätfelet inte adderas.

Siktlinjen går genom successiva plattformars hörn.

Det ger EN riktning men vi behöver flera.

En dylik siktanordning låter en med god noggrannhet finna önskade punkter i hörnblockets plan, om dessa är kolinjära och ekvidistanta. Hörnstyckenas ovsidors diagonaler är parallella med projektionen av motsvarande pyramidkant till horisontalplanet, och parallelepipedernas rymddiagonaler är parallella med pyramidkanterna.





Om du vill leva,
måste du dö.



Vi vänder åter om
tjugofyra babianer.




Anselm, vad står på?
Först pratar du för dig själv,
sedan skriker du "hur länge
är tjugofyra babianer?"

Hi hi


Jag ska berätta allt.

Du såg att taket var ett
inverterat "V" med hack.
Detta kallas **ÖVERKRAGNING**
och låter valvet bära upp tyngden
av stenarna ovanför.

Baserat på det kan du ha varit i Dahshur,
antingen i den röda pyramiden, eller i Meidums.

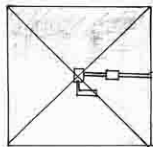
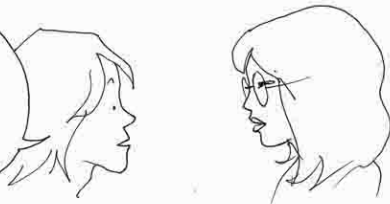


Du blev satt i en
stensarkofag där du skulle
förbli i... tjugofyra babianer.

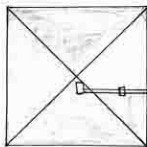


Trots att pyramiderna innehåller sarkofager tvivlar somliga på att
de verkligen var gravar, eftersom själva kropparna saknas. Anselms
dröm antyder att de kan ha varit platser för **INITIATIONS RITER**.

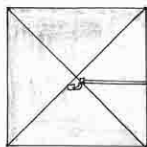
Vet du, Sofie, jag tänker på två saker.
 För det första, om det finns en brunn längs
 pyramidens axel skulle det förklara varför
 rummen, undantaget de underjordiska,
 alla ligger vid sidan av axeln.



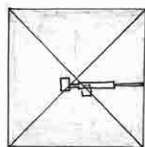
Mykerinos



Chefren

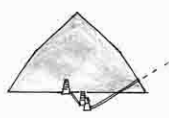
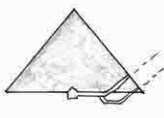


Den böjda



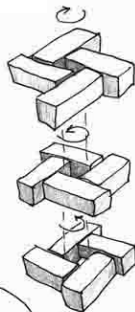
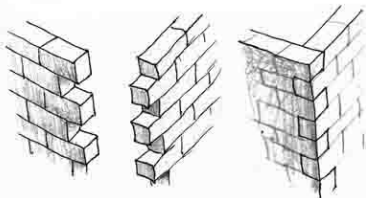
Cheops

etc...



(För det andra är alla schakt och "ventilationstrummor" orienterade i nästan exakt samma riktning och anlagda i samma vinkel, vilket underlättar deras belysning med speglar).

I murens hörn lägger vi stenarna
omlott för bättre hållbarhet.



För att garantera
murens stadga i
händelse av
jordbävning,
och undvikande
av katastrofala
kollapser, skall
stenarna läggas
så här.



Så vad
betyder detta för
arrangemanet av stenarna i
Cheopspyramidens topp? (*)

(*) Bilder tagna med drönare är välkomna.

Detta tycks besvara Anselms invändning
beträffande blockens centimetermarkering.
Den som positionerar lodlinjen måste ha tillgång
underifrån, annars skulle syret snart ta slut.

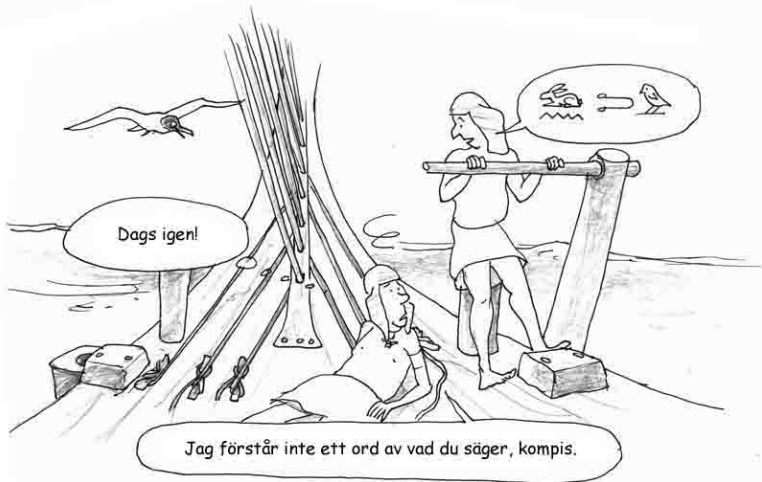


Märkligt nog
har Cheops och Chefrens
pyramider tillslutna ingångar på
en höjd av några meter över den
underliggande stenplattan.



SLUT





Fortsättning följer.


POST SCRIPTUM

Templen omgärdades av murar
böljande som korrugerad plåt, för att bättre
motstå jordbävningar.




Franck Monnier (*):
Varför användes enorma monoliter
vid bygget av tempel och pyramider?
För att minimera spillet av sten.


(*) <http://www.egyptian.architecture.com>


p. 9  Bortl Bortl


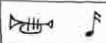
p. 9  Försiktigt!

p. 19  Jorden skakade


p. 25  En kubit är sju händer


p. 29  Skynda på!

 Dra, kamrat!


 Det gör jag! 

p. 30  Dra hårdare!

 Pass på!

p. 44  Låt mig förstå!

p. 47  Hur kom du tillbaka?

 Oförsäml!

 Måste jag tillbringa dagen på den här?

p. 79 

Drag, kamrat!



Skynda på att bli klar!

p. 87 bis (1)



Det är inte en lögn, det är perfekt

p. 87 bis (2)



Kolla här, inte illa




Personligt pronomen "jag"

negation

markör för abstrakta idéer

Jag vill inte räkna

 Tack till Thierry Bergerot och hans dotter, egyptologer.