

Cirklens fuldkommenhed – Renæssancens arkitekturideal

Af Ivan Tafteberg Jakobsen, Århus Statsgymnasium

Bygningsstatik som videnskabelig disciplin tager først sin begyndelse i midten af 1700-tallet, dvs længe efter renæssancen. Men hvad kendte renæssancen til bygningsstatik? Af forskellige grunde mente fremtrædende arkitekter, at rundbuen havde større styrke end spidsbuen, hvilket er forkert. I artiklen studeres bl.a. statikken i Firenzes domkirke.

To berømtheder udtaler sig

Renæssancen i Italien frembragte det første arkitektur-teoretiske skrift siden antikken, *De ti bøger om bygningskunsten* skrevet af Leon Battista Alberti i midten af 1400-tallet. Her kommer Alberti ind på forskellige slags buer og deres anvendelse og omtaler bl.a. halv-cirkelbuen, som han kalder den regulære bue, således:

“Det er selvindlysende at den regulære bue er den stærkeste; dette kan yderligere bevises ved ræsonnement og eksperiment. Faktisk kan jeg ikke se, hvordan buen skulle kunne falde sammen af sig selv, med mindre en af dens kiler skulle skubbe en anden ud af position; dette ville være højst usandsynligt, eftersom kilerne faktisk støtter og forstærker hinanden, og selv hvis det skulle begynde at ske, ville det naturlige pres fra enten deres støtte eller deres egen vægt forhindre kilerne i at give efter.” ([1], s.82).

Den berømte italienske renæssancekunstner Rafael (Raffaello Sanzio) omtalte i 1519 i et brev til pave Leo X “den tyske arkitekturs måde, langt fra romernes skønne måde”, hvormed han hentydede til den nordeuropæiske gotiske arkitektur og sammenlignede den med den antikke romerske, som man i bogstaveligste forstand havde for øje i Italien. Han fortsatte med at nævne den spidse bue (*terzo acuto*) og kaldte den svag (*debole*), hvorpå han skrev:

“...ifølge den matematiske fornuft kan en halv-cirkelbue holde endnu mere oppe, alle dens linjer stræber mod et eneste centrum; og udover svagheden har terzo-acuto buen ikke den yndefuldhed i vore øjne, som cirklens fuldkommenhed glæder sig ved. Og det ses at naturen knap søger nogen anden form.” ([6], s.215).

Hvad kendte renæssancen til bygningsstatik?

Det korte svar er: intet. Men det er både rigtigt og forkert. Ovenstående to citater, der stammer fra to af den italienske renæssances mest betydende mænd, viser, at man gjorde sig overvejelser over ligevægtsbetingelser. De mener begge, at rundbuen har større styrke end spidsbuen, Alberti giver fornuftsgrunde for det og Rafael kæder dette argument sammen med det æstetiske (yndefuldhed) og det filosofiske (cirklens fuldkommenhed) som en underbygning af hans negative holdning over for gotikkens arkitektur og hans beundring for den antikke romerske.

Og så tager de begge fejl, det forholder sig lige omvendt. Det de troede de vidste, var forkert.

Statik som videnskabelig eller måske snarere som matematisk disciplin blev opdyrket allerede hos grækerne, hvor Arkimedes ligefrem benyttede sig af vægtstangsreglen som genvej til de matematiske sætninger han senere lavede stringente beviser for. Men på det praktisk brugbare plan nåede man ikke meget videre end vægtstangsreglen. I middelalderens Europa tog Jordanus de Nemore emnet op igen, men det ser ikke ud som om disse lærde overvejelser har fundet vej til bygmestrene.

Så der har været nogle meget spæde ansatser til en videnskabelig statik, men slet ikke på et niveau så man kunne bruge det til at foretage beregninger med. Og selv om man havde haft en lidt mere avanceret teori ville man ikke have kunnet bruge den til noget, fordi man manglede kvantitativ viden om materialernes egenskaber.

Alligevel blev der jo bygget både i antikken, middelalderen og renæssancen. Antikken kunne opvise den imponerende kuppelbygning *Pantheon* i Rom, i middelalderen byggede man store, dristigt udformede katedraler i Nordeuropa og i renæssancen søgte man at overgå antikkens kupler i et storslået byggeprojekt i først Firenze og dernæst Rom. Hvordan kunne det lade sig gøre uden beregninger af styrke og belastninger og påvirkninger fra vind og jordskælv?

Faktum er, at man gjorde det uden sådanne beregninger. Og man kan kun forklare det med århundreders overleveret praktisk kunnen og viden om materialerne og deres egenskaber, den øvede håndværkers fornemmelse for hvad der kan lade sig gøre og hvad der ikke kan lade sig gøre, intuition og for nogle bygmestres vedkommende slet og ret genialitet.

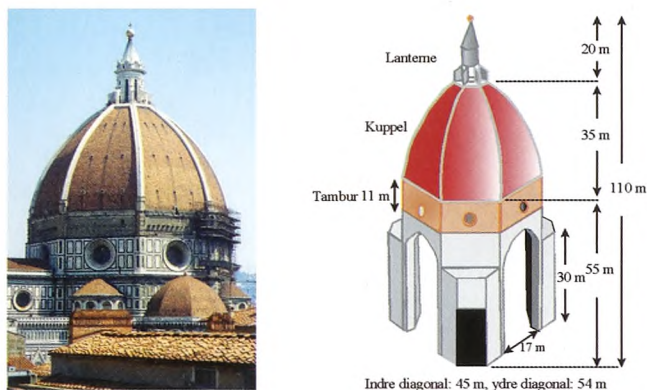
Hvilke forestillinger man gjorde sig kan man på århundreders afstand kun få indblik i ved at studere bygningerne selv og så de skriftlige kilder. Den mundtlige overlevering, som måske er den vigtigste, er vi afskåret fra at kende.

Bygningsstatik som videnskabelig disciplin tager først sin begyndelse i midten af 1700-tallet, dvs længe efter renæssancen.

Domkirken i Firenze

Lad os gå direkte til sagen ved at se på den store kuppel, der blev bygget på *Santa Maria del Fiore*, domkirken i Firenze, i perioden 1420 til 1436. Bygmesteren var Filippo Brunelleschi (1377-1446). Man havde bygget på domkirkens treskibede hovedbygning op igennem

1300-tallet og man havde planlagt en kuppel over kors-skæringen, man byggede sidekapellerne og tamburen som kuplen skulle hvile på, men ingen turde give sig i kast med selve kuplen på grund af dens enorme dimensioner. Der var bygget kupler på kirker tidligere i middelalderen, også i Italien (f.eks. på domkirken i Pisa), men ingen tilnærmelsesvis så store, 45 m i indre diameter - dvs samme størrelse som den berømte antikke kuppel på Pantheon, men anbragt med kuppelbasis i en højde af 55 m, hvor Pantheons kuppel hviler på en basis i en højde af blot 22 m. Vægtstangsreglen alene er nok til at forstå, at kuplens enorme vægt (den færdige kuppel kom til at veje ca 24.000 ton) i 55 meters højde er langt farligere for ligevægten – kraftens arm for en udskridning er jo mere end dobbelt så lang som for Pantheonkuppen. Og så kunne man slet ikke forestille sig hvordan man skulle kunne konstruere et understøttende stillads til et så kæmpemæssigt rum, dels skulle man 90 m i vejret og dels skulle stilladset bære en uhørt vægt.

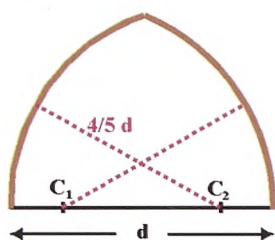


Figur 1. Til venstre: Kuplen på *Santa Maria del Fiore*, domkirken i Firenze. Billedet stammer fra 1998, hvor der foregik restaureringsarbejder, som der næsten altid gør. Til højre: Dimensionerne (cirkatal) i kuplen og dens underbygning.

Der blev udskrevet en konkurrence om bygningen af kuplen i 1418, som Brunelleschi vandt. Hans metoder til at overvinde problemerne er den dag i dag genstand for diskussion, men en række ting har efterhånden udkrystalliseret sig.

Kuplens profil og geometriske struktur

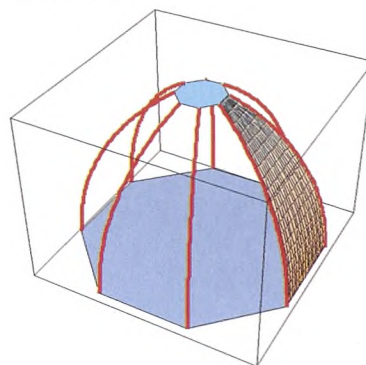
Den profil som kuplen skulle have, var planlagt allerede en gang i 1300-tallet, og det var en spidsbue af en bestemt type, en såkaldt femtedels-bue (se fig. 2).



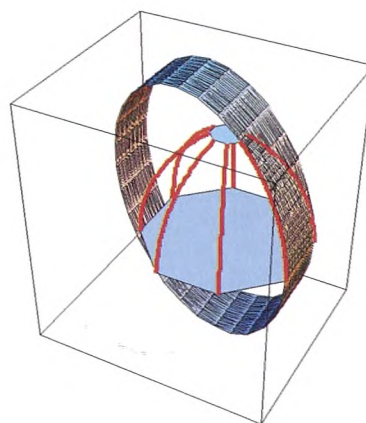
Figur 2. Spidsbuen dannes af to ens cirkelbuer, hvis radius er $4/5$ af spidsbuens diameter.

Inden byggeriet gik i gang havde Brunelleschi i 1420 ladet udfærdige et kortfattet byggeprogram, som faktisk stadig findes i et arkiv i Firenze. Vi har derfor et vist kendskab til de tanker Brunelleschi gjorde sig på forhånd, men desværre omfatter programmet kun den overordnede geometri og ikke detaljer i konstruktionsmåden eller ligevægtsovervejelser. Det fremgår dog, at han forestiller sig byggeriet foretaget uden stilladsunderstøtning fra gulvet.

Brunelleschis kuppel blev bygget som to kuppelskaller, en tyk indre skal og en noget tyndere yderskal. Når man i dag stiger op i kuplen op til udsigtsplatformen ved lanternens fod sker det på trapper, der går mellem de to kuppelskaller. Denne udformning er med til at øge kuplens stabilitet, hvad Brunelleschi ikke har kunnet regne på, men givetvis har haft en intuitiv fornemmelse af. Kuplen er bygget af mursten og man kan den dag i dag iagttage murskifternes ejendommelige position, idet murværket imellem de to skaller aldrig er blevet pudset.

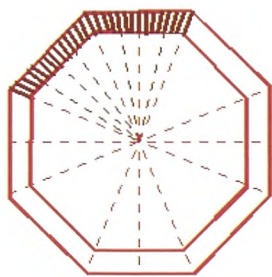


Figur 3. Kuplens opbygning af ribber og kapper. De røde cirkelbuer angiver ribberne og det skraverede område til højre angiver én af de otte kapper.

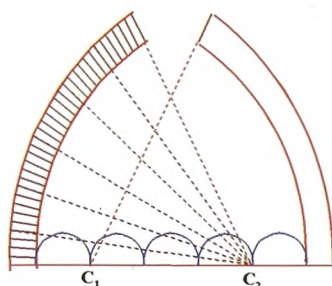


Figur 4. Her ses den skæve cylinder, som kappen på fig. 3 er en del af. Da ribberne begge er cirkelbuer, vil et snit vinkelret på cylinderaksen give en ellipse som snitkurve.

Kuplen er en såkaldt ribbekuppel, hvis kapper er dele af en skæv cylinderoverflade. Et af de spørgsmål man har drøftet meget er hvordan det har været muligt at opmure sådan en flade med tilstrækkelig præcision. Netop de ejendommelige murskifter rummer formentlig nøglen til en forståelse heraf.



Figur 5.

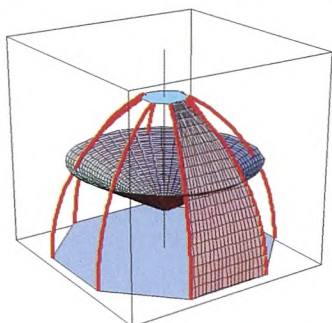


Figur 6.

Murskifterne har tre interessante egenskaber:

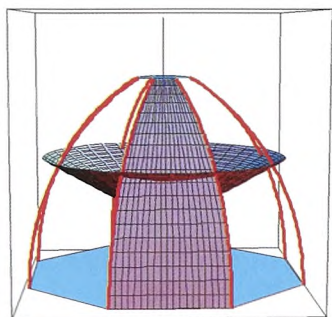
1. De lodrette fuger mellem murstenene er rettet ind mod kuplens centralakse (se fig. 5)
2. De "horisontale" murstenslag hælder ind mod kuplens centralakse, og hældningen bliver større, jo højere oppe i kuplen de befinder sig – derfor anførselstegn om horisontale (se fig. 6).
3. De "horisontale" fuger ligger ikke vandret gennem en kappe, som man ville have forventet, men danner en kædelinjeagtig kurve fra ribbe til ribbe.

Alle tre ejendommeligheder kan forklares, hvis man forestiller sig at opmuringen er sket på overfladen af en såkaldt "byggekegle" som illustreret på fig. 7.

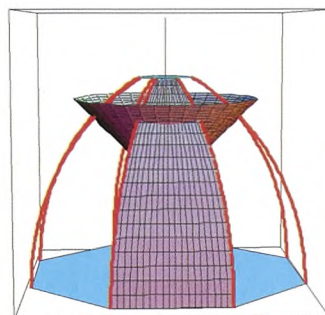


Figur 7. Kuplen med en "byggekegle". Hvis man murede hele vejen rundt på overfladen af denne kegle, ville murværket netop komme til at få alle de tre ejendommelige egenskaber som er nævnt i teksten.

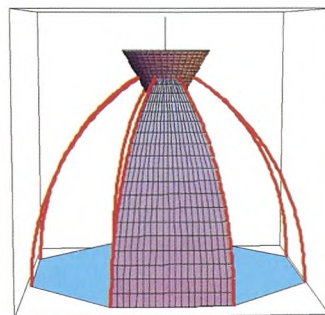
Hvordan man i en højde mellem 55 og 100 m har kunnet afmærke på en sådan måde at denne enorme kegle har kunnet følges, er i høj grad et åbent spørgsmål som har været diskuteret livligt. Og så er det jo ikke bare én kegle, keglen har skullet ændres med regelmæssige mellemrum jo højere man kom op – se fig. 8, 9 og 10.



Figur 8.



Figur 9.



Figur 10.

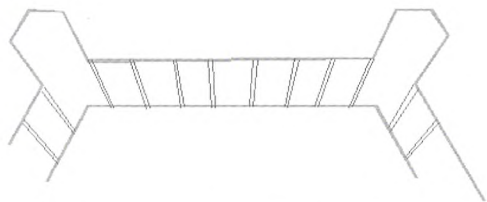
Endnu en ejendommelighed skal nævnes: fiskebensmønstret i murværket.



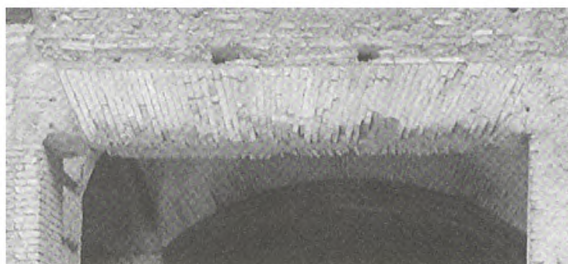
Figur 11. Fiskebensmønstret i kuplens murværk som det ses i opstigningspassagen mellem de to kuppelskaller.

Dette kan også iagttages i mellemrummet mellem de to kuppelskaller, og en efter min mening meget troværdig teori siger, at dette mønster har tjent i hvert fald to formål: For det første har de lodret stillede mursten kunnet holde de vandrette mursten på plads ligesom i en kile – de "vandrette" mursten kom jo til at hælde mere og mere jo højere man kom op, og de skulle forhindres i at rutsje ned, så længe mørtlen var blød. For det andet har de vandrette og de lodrette mursten i et murstenslag gennem en kappe kunnet fungere netop som et system af kiler, der holder hinanden på plads. Klemte inde mellem de tunge ribber kommer sådan et

murstenslag til at spille samme rolle som et såkaldt *ligestik*, der har været brugt allerede i oldtiden (se fig. 12 og 13).

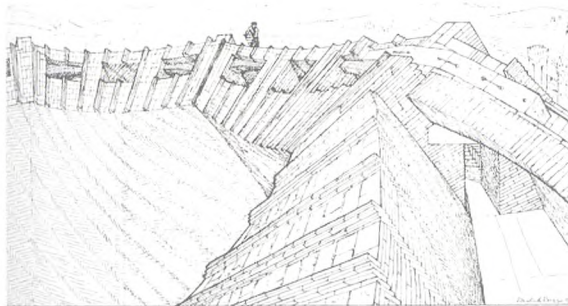


Figur 12. Snit gennem kappe, der viser de lodret stillede mursten. Ligheden med et almindeligt ligestik er umiskendelig.



Figur 13. Ligestik over åbning i kejser Neros palads *Domus Aurea* i Rom.

En af dem der har deltaget i nutidens debat (som i Italien undertiden nærmer sig skænderi) om hvorledes byggeriet er foregået, er arkitekten Paolo Alberto Rossi. Fig. 14 viser en meget anskuelig tegning han har lavet som viser hvorledes samspillet mellem byggekegle og fiskebensmønster kunne tage sig ud under bygningen.



Figur 14. hentet fra Paolo Alberto Rossi: *Le Cupole del Brunelleschi*, Bologna 1982 p. 25.

Brunelleschi har skullet beherske en betragtelig del rumgeometri for at kunne overskue dette projekt, som kun er skildret i meget grove træk ovenfor. Den klassiske, antikke geometri var netop i disse år ved at blive genoptaget og videreudviklet i Europa, læren om kegler og deres snitkurver var en del af denne geometri, og der er gode grunde til at tro at Brunelleschi havde adgang til de bedste kilder; han omgikkes i Firenze astronomen Paolo Toscanelli, der havde europæisk ry. Men han var en hemmelighedsfuld mand, der holdt kortene tæt til kroppen, så tæt at hans fremgangsmåde har været til diskussion lige til i dag.

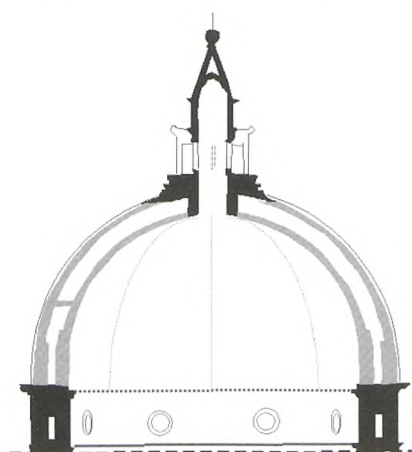
En uheldig efteraber

Et virkelig pædagogisk eksempel på at hverken samtid eller eftertid rigtig har forstået Brunelleschis idéer er en

kirke, der stadig står i Pistoia, en naboby til Firenze. Her fik *Giorgio Vasari* (1511-1574) til opgave at være arkitekt på fuldførelsen af kirken *La Madonna dell'Umiltà*, hvilket først og fremmest betød opførelsen af en kuppel. Vasari var ingen hvem som helst, han var både maler og arkitekt og den mest lærde kunstner ved storhertughoffet i Firenze. I dag er han mest kendt for at have skrevet en samling biografier af de mest betydningsfulde malere, billedhuggere og arkitekter i den italienske renaissance, hvori han også har givet en fyldig og lovprisende omtale af Brunelleschi. Vasari fik ført kuplen til ende i perioden 1563-1574, hvilket netop var i den periode, hvor man i Rom var optaget af hvordan Michelangelos projekt for kuplen på Peterskirken skulle føres ud i livet – Michelangelo selv døde i 1564. Denne diskussion har givetvis også påvirket Vasari, og i hvert fald i valget af profil for kuplen kan vi se genklang af renessancens filosofiske optagethed af cirklen og i rummet kuglen som den fuldkomne figur.



Figur 15. Kuplen på *La Madonna dell'Umiltà*.

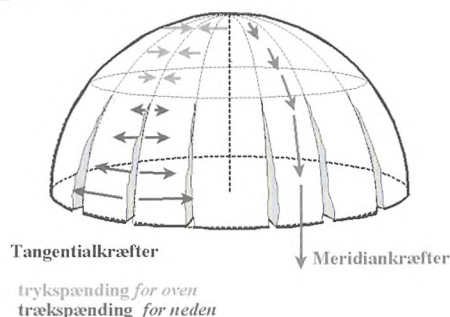


Figur 16. Diagonalprofil for kuplen på *La Madonna dell'Umiltà*. Efter [2], p. 107.

Kuplen skulle bygges med en ottekantet basis, og den blev bygget som en ribbekuppel, der meget minder om Brunelleschis domkirkekuppel. Vasari efterlignede også hans dobbeltkuppelskal, og kapper og ribber blev

muret op i mursten præcis som i Firenze. Men profilen var ikke længere en femtedelsprofil, men derimod en profil der næsten er en halvcirkel. Og de tre ovenfor omtalte egenskaber, som Brunelleschis murskifter har, er ikke til stede. De lodrette fuger hælder ganske vist noget, men de er ikke rettet mod et bestemt punkt på centralaksen, og murstenene synes at være lagt i plane lag fra ribbe til ribbe med det resultat at der bliver en gennemgående svaghed i ribbehjørnerne fordi der ikke er en kontinuitet i murværket gennem ribben som der er i Brunelleschis. Vasari har med andre ord ikke forstået Brunelleschis metode, men efterligner ham blot i det ydre.

Kupler af sten



I dag ved vi at en halvkuglekuppel af sten vil være påvirket af kræfter som vist på figuren. Da såvel natursten som mursten kan tåle temmelig stort tryk, men kun lidt træk, opstår der problemer fra ca 40 grader over basis og nedefter – kuplen vil revne og skride ud som vist. Det havde man ingen mulighed for at beregne sig frem til i hverken middelalder eller renæssance, men personer med tilstrækkelig tæt tilknytning til bygningshåndværket kunne vide det af erfaring. I antikkens Rom murede man op omkring den nederste del, så kuplen udvendig kom til at se ud som en fladkuppel (således *Pantheon* i Rom). Hvorfor man gjorde det, ved man ikke, men det virkede. Man kan vise, at en spidsbuekuppel har svagere tangentialkræfter, og den er derfor et bedre valg. Statikken for ribbekupler er mere kompliceret, men som en første kvalitativ tilnærmelse er ovenstående billede tilstrækkeligt til at illustrere det byggetekniske problem. Mange kupler bygget både før og efter de store renæssancekupler har et bærende træskelet. Træ kan tage træk, men er brændbart.

Resultatet udeblev heller ikke. Allerede året efter Vasaris død blev man bekymret for Kuplens stabilitet og få år efter installerede man de første jernringe til at sikre at den ikke faldt fra hinanden. Der viste sig store revner i murværket, og ribberne løsrev sig fra kapperne. Jernringene blev i tidens løb fulgt op af flere, og adskillige undersøgelser er blevet foretaget med bekymrede miner, den seneste i 1980'erne. Når man ser op på kuplen i dag (se fig. 15) ser man nogle sorte linjer fornedet der kunne ligne et restaureringsstillads, men der er tale om en serie udvendige stålringer uden hvilke kuplen formentlig ville bryde fornedet (se boksen om kupler af sten).

Fra Firenze til Rom

Kuplen på Peterskirken er utænkelig uden inspirationen fra Brunelleschis kuppel i Firenze, men renæssancens idealer var nu for alvor slået igennem. Den første arkitekt på den nye Peterskirke i Rom, der blev påbegyndt omkring år 1500, var Donato Bramante. Hans idé var at sætte Pantheons kuppel – altså en halvkuglekuppel – oven på et klassisk tempel. Også Michelangelos første udkast havde en profil som var tæt på en halvcirkel. Der er ingen tvivl om, at argumenter af den type der er citeret i begyndelsen af artiklen, gjorde indtryk og spillede en stor rolle. Brunelleschi havde i sin tid benyttet en "middelalderlig" gotisk profil og havde løst sit problem, men denne løsning var man ikke til sinds at benytte.

Det endte dog med at de arkitekter der overtog byggeriet efter Michelangelos død, ændrede profilen til en spidsbueprofil – en såkaldt tredjedelsbue, der ikke er helt så spids som Brunelleschis. Desuden fordoblede man antallet af ribber til 16, så kuplen kom tættere på en omdrejningskuppel. Mange af erfaringerne fra Firenze blev udnyttet her, og pladsen tillader ikke yderligere detaljer. Resultatet blev endnu en triumf for den håndværksmæssige kunnen og arkitekternes fornemmelse for det mulige og umulige – men stadig uden noget ingeniørvidenskabeligt fundament.

Peterskirken blev allerede fra begyndelsen forsynet med indmurede jernringe til at imødegå det fundamentale statikproblem, der er omtalt i boksen. Der er siden kommet flere jernringe til – dog ingen synlige på samme måde som i Pistoia – og bygningen er ligesom Firenzekuplen under konstant overvågning. Men Brunelleschis kuppel er aldrig blevet forsynet med jernringe og må i hvert fald i den forstand siges at være en bedre løsning på problemet.

Peterskirken og den videnskabelige bygningsstatiks fødsel

Halvandet århundrede efter Peterskirkens fuldførelse kom den til at spille en central rolle for oplysningstidens gryende ingeniørvidenskab. I midten af 1700-tallet blev der nemlig foranstaltet en større undersøgelse af kuplens statik på grund af bekymringer over revner i kuplen. Der blev skrevet flere afhandlinger om emnet og Giovanni Poleni er forfatter til en af de mest grundige og velargumenterede. Disse undersøgelser er gået over i historien som de første i vores forstand videnskabeligt funderede teorier om en kompliceret bygningsstatik.

Det er i den forbindelse værd at nævne, at det er en anderledes vanskelig sag også i dag at undersøge statikken for en historisk bygning end at redegøre for statikken i en bygning man er i færd med at rejse. Et detaljeret kendskab til bygningens hele struktur og de anvendte materialer er en nødvendig forudsætning, som man sjældent har, og som i sin yderste konsekvens kun kan opnås ved at rive bygningen ned. Derfor er drøftelsen af historiske bygninger på et ingeniørmæssigt plan også særdeles levende i dag, og det sidste ord er bestemt ikke sagt om hverken domkirken i Firenze eller Peterskirken i Rom.

Litteratur

- [1] Leon Battista Alberti (1486): *De re aedificatoria*. Engelsk overs. (1988): *On the Art of Building in Ten Books*. Translated by Joseph Rykwert, Neil Leach, and Robert Tavernor. M.I.T. Press.
- [2] Forskellige forfattere (1992): *Centenario del Miracolo della Madonna dell'Umiltà a Pistoia*, Pistoia.
- [3] Ivan Tafteberg Jakobsen (1996): Geometrien bag domkirkekuplen i Firenze. *Normat*, årgang 44, s. 102-120. Her er det historiske og geometriske behandlet i større detalje. Her findes også en mere vidtgående litteraturliste.
- [4] Ross King (2000): *Brunelleschis Dome. The Story of the Great Cathedral in Florence*. London. Dette er en populær, journalistisk beskrivelse, der imidlertid giver mange interessante detaljer.
- [5] Howard Saalman (1980): *Filippo Brunelleschi. The Cupola of Santa Maria del Fiore*. London. Grundigt, arkitekturhistorisk værk.

- [6] Renato Sparacio (1999): *La Scienza e i tempi del costruire*. Torino. Italiensk bog om materialer og teknisk baggrund for arkitektur på universitetsniveau, men ikke for ingeniører.



Ivan Tafteberg Jakobsen er lektor i matematik ved Århus Statsgymnasium og har gennem en årrække arbejdet med inddragelse og formidling af stof af historisk karakter i matematikundervisningen fra matematikkens grænseområder som arkitektur, landmåling og navigation.

Aktuelle bøger

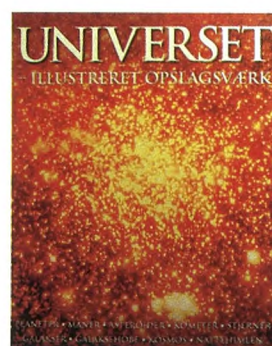
Af Michael Cramer Andersen, KVANT

Universet – illustreret opslagsværk

Forfattere: *Martin Rees, Peter Frances, Georgina Garner, Rob Houston m.fl.*, Forlaget Aktium 2006, 512 sider, ill. i farver indb., 349 kr. inkl. moms. Se www.aktium.dk

Denne bog er et meget omfangsrigt og flot billedværk om Universet fra A til Z. Bogen er delt op i tre hovedafsnit. De første knap 100 siders "Introduktion" giver overblik over astronomiens grundbegreber og besvarer spørgsmål som: Hvor stort er Universet og hvad indeholder det? Hvem har bidraget til udviklingen af verdensbilledet og hvilke metoder og arbejdsredskaber anvender astronomerne? Over de følgende godt 200 sider, "Guide til Universet", kommer læseren på en rejse gennem først Solsystemet, så vores galakse Mælkevejen og til sidst Universet udenfor Mælkevejen. Bogens tredje del, "Nattehimmelen", er en guide for amatørastronomen, med stjerne kort over alle stjernebillederne og en serie kort med stjernehimlen måned for måned, alt sammen suppleret med billeder af interessante objekter og forklarende tekst, bl.a. nogle af myterne, der knytter sig til stjernebillederne.

Bogen er æstetisk set meget flot og svær at lægge fra sig. Men det er samtidig svært, at læse den fra start til slut pga. den leksikalske opbygning. Men det er både en styrke og en svaghed ved værker af denne type (forlaget har tidligere udsendt en lignende bog om Jorden), at alle emner er brudt ned i opslag på 2 sider, hvilket hæmmer det samlede overblik. Det kan desuden være svært at vurdere, hvad der er vigtigt og hvad der blot er medtaget for fuldstændighedens skyld eller fordi der fandtes et flot billede. Til den nysgerrige læser, der har masser af tid – og plads i bogreolen – er der til gengæld rig mulighed for at gå på opdagelse i Universet.



Himmelkalenderen 2007

Forfattere: *Jan Teuber og Jan-Erik Ovaldsen*, Nyt Teknisk Forlag 2006, 192 sider, ill. i farver, 149 kr. inkl. moms. Se www.nyttf.dk

Himmelkalenderen 2007 indeholder de traditionelle kalenderoplysninger samt information om astronomiske begivenheder og de enkelte planeters stilling på himmelen. Himmelkalenderen, der udkommer for anden gang, rummer desuden en astronomisk håndbog hvor man f.eks. kan få svar på hvornår Jorden er længst væk fra Solen, eller hvornår der er formørkelser i Danmark. Efter kalenderdelen og en evigheds kalender, er der kort over stjernehimlen og en række korte informative artikler om bl.a. solsystemets planeter, exoplaneter, meteorsværme og meteoritter, kometer og deres kredsløb, kollisioner med jordkloden, teleskoper samt en række faktuelle tabeller. Der er gjort meget ud af at bruge nye billeder, hvoraf en del fylder hele siden, så de rigtig kommer til deres ret. Man får meget for pengene i denne lille bog, der vil være nyttig for enhver med interesse for astronomi.