Univerzita Karlova v Praze
Pedagogická fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2009 Erika Bláhová

Univerzita Karlova v Praze

Pedagogická fakulta

Katedra matematiky a didaktiky matematiky

Geometrická analýza kompozic výtvarných (malířských) děl

Autor: Erika Bláhová

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Ladislav Kvasz, Dr.

Praha 2009

NÁZEV:

Geometrická analýza kompozic výtvarných (malířských) děl

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

Doc. RNDr. Ladislav Kvasz, Dr. Katedra matematiky a didaktiky matematiky Pedagogické fakulty Univerzity Karlovy v Praze, M. D. Rettigové 4, Praha 1

ABSTRAKT:

Tento text byl vytvořen pro veřejnost, především pro ty, kteří mají rádi matematiku i umění, dále jako studijní materiál pro studenty nebo pro učitele. Pokusila jsem se ukázat důležitou úlohu matematiky v některých oborech umění, například v architektuře a malířství. Práce je doplněna důmyslnými předměty, kterými si pomáhali umělci vytvořit dokonalé dílo a důkazem zlatého řezu. Text také obsahuje výstižné obrázky pro čtenáře, aby snadněji objevili souvislost psaného textu s výtvarným dílem.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Historie matematiky, perspektiva, zlatý řez

TITLE:

Geometrical analysis of the composition of paintings

THESIS SUPERVISOR:

Doc. RNDr. Ladislav Kvasz, Dr. Department of mathematics and didactics of mathematics of the Faculty of pedagogy of Charles University in Prague, M. D. Rettigové 4, Praha 1

ABSTRACT:

This text was created for the general public, especially for those who like mathematics and arts, further it is aimed as a complementary material for students and teachers. I tried to indicate the important role of mathematics in some areas of art such as architecture or painting. The thesis is enriched by the description of the ingenious tools which artists used in order to create perfect works of art and also by the proof of the golden ratio. The text contains several famous pictures that illustrate for the reader the relation of the written text to the works of art.

KEYWORDS:

History of mathematics, perspective, golden ratio

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci Geometrická analýza kompozic výtvarných (malířských) děl vypracovala pod vedením Doc. RNDr. Ladislava Kvasze, Dr. samostatně na základě vlastních zjištění a za použití pramenů uvedených v seznamu.

Praha, 2. dubna 2009

....

Erika Bláhová

Obsah

Úvod

Tématem této bakalářské práce je geometrická analýza kompozic výtvarných, zejména malířských děl. Mnozí z nás jsme se zatím nesetkali s obrazy ve světle matematiky. Toto téma je velice zajímavé a je těžké narazit na publikaci, která by se věnovala současně umění i matematice. V této práci se snažím ukázat souvislosti mezi těmito zdánlivě vzdálenými obory. Cílem mého snažení je tedy vytvořit zajímavý a kvalitní materiál pro doplnění vědomostí z oblasti historie matematiky i teoretických znalostí perspektivy.

Během historie lidstva se vyvíjelo umění a postupně i matematika. Na začátku mé práce budeme sledovat důležité momenty našeho uměleckého i matematického cítění. Jak se vyvíjelo umění a jakou roli v tom hrála matematika. Historii matematiky jsem čerpala převážně z kapitol publikace Jindřicha Bečváře a Eduarda Fuchse *Člověk–umění–matematika* z edice *Historie matematiky* a z knih *Dějiny umění* od José Pijoana.

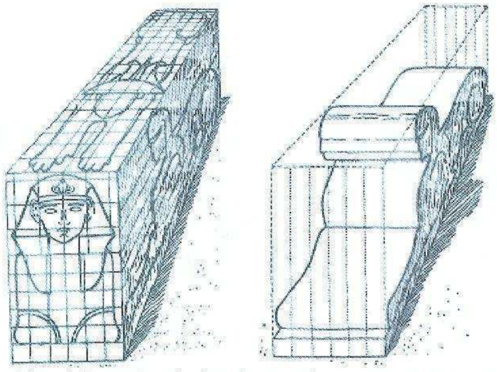
Dále je rozebrána perspektiva, jakožto matematický aspekt umění. V této části mé práce je psaný text doplněn obrázky, aby si čtenář všiml, že matematicky správně namalované obrazy se nám jeví dokonalejší. K rozvoji této kapitoly jsem použila převážně knihu *Perspektiva* od Alison Cole a doplnila obrázky ze studijních textů s názvem *Perspektiva* od Věkoslava Handy Pardyla.

Na závěr je uveden důkaz zlatého řezu s podrobným vysvětlením, srozumitelným i pro žáky střední školy. Tento důkaz byl již publikován v práci *Zlatý řez* od Vlasty Chmelíkové.

1 Historie matematiky a umění

Historie matematiky sahá až na počátek lidských dějin, do doby, kdy umění bylo přirozenější než reálný pohled na svět pomocí matematiky. Ovšem pevným a bezpečným základem stavitelství i umění byla znalost jednoduchých geometrických pojmů, jako je pojem pravého úhlu, svislice nebo vodorovné roviny a samozřejmě znalost jejich použití. Již ve starověku lidé znali některé matematické principy a hojně je využívali při každodenních pracích. Již nejstarší oblasti lidské kultury zaznamenaly výskyt matematiky v oblasti umění.

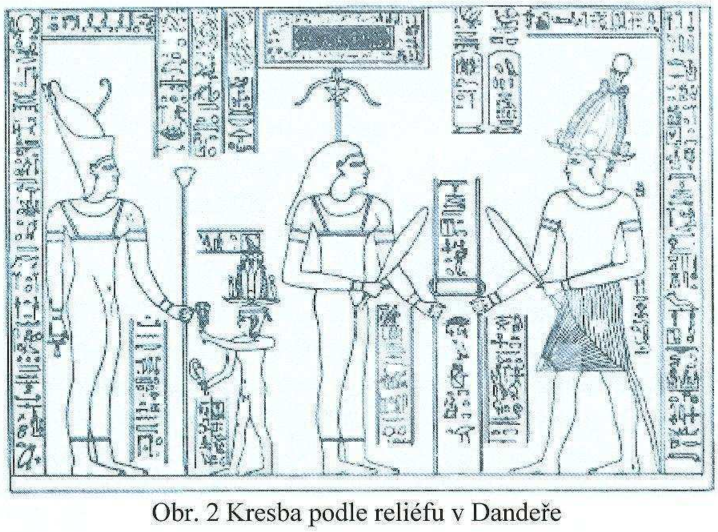
V publikaci Františka Kadeřávka *Geometrie a umění v dobách minulých* se dozvíme, že ve starém Egyptě bylo pečlivě provedeno dláždění na kterém měla stavba stát. Půdorys byl zarýsován ve skutečné velikosti a pokračovali ve stavbě zdí a sloupů podle půdorysu. Z toho lze posoudit, že znali i postup kolmého průmětu. Egyptská říše se proslavila mimo jiné i díky pyramidám, které byly postaveny v polovině 3. tisíciletí před n.l.



Obr. 1 První a druhá fáze při zpracování sochy

Egypťané žili před téměř pěti tisíci lety a už tehdy využili ke stavbám pyramid různé výpočty. Historikové se domnívají, že znali hodnotu zlatého řezu a na Cheopsově pyramidě v Gíze byl objeven poměr blízký zlatému řezu. Ve starém Egyptě znali a hojně využívali další geometrické poznatky, čtvercové sítě. Používali je ke zmenšení nebo zvětšení svých uměleckých děl. Nejčastěji byly použity ke kanonickým účelům, tj. ke stanovení vzájemných velikostí částí lidského i zvířecího těla. V sochařství se také využívaly čtvercové sítě (obr. 1) k vytesání díla. Na základě některých dochovaných děl se můžeme domnívat, že znali i princip kolmého promítání (projekce).

V umění Egypta je možné najít zajímavá obrazová znázornění. Kresba podle reliéfu, který je na zadní stěně v chrámu bohyně Hathor v Dendeře, je vhodnou ukázkou (obr. 2). Faraón s bohyní Sefech drží pruty a provaz k vyměřování jednou rukou a ve druhé mají zlatá kladiva. Postavy jsou složeny ze samostatných pohledů, tváře, paže a nohy jsou zobrazeny z profilu, oči a hruď zepředu. Hloubka obrazu bývala naznačena překrývajícími se tvary. Najdeme ho v knize Františka Kadeřávka *Geometrie a umění v dobách minulých* (s. 16).



Obr. 2 Kresba podle reliéfu v Dandeře

Egypt, Mezopotámie, Čína a Indie se zapsaly do dějin matematiky vznikem prvních matematických pojmů. Dalšími důkazy matematického cítění jsou i dochované ornamenty na pravěkých nádobách. Zde se projevuje použití shodností a podobností.

Významnou zastávkou historie, navazující na kulturu Egypta a Mezopotámie, byla antika. Antická matematika se vyvíjela skoro tisíc let. Naštěstí pro nás nám dala osobnosti jako byl Thales z Milétu (cca. 624–543 př.n.l), který se k matematickým znalostem dostal v Egyptě, kde vypočítal výšku pyramidy podle jejího stínu. Přisuzují mu výsledky jako např. že průměr dělí kruh na dvě poloviny, úhly při základně rovnoramenného trojúhelníku jsou shodné, úhly mezi dvěma protínajícími se přímkami jsou shodné, Thaletovu větu a další. Ve sborníku *Historie matematiky I* najdeme příspěvek Jindřicha Bečváře, *Hrdinský věk řecké matematiky*. V něm se dozvíme mimo jiné i to, že Thales údajně sepsal dílo *O přírodě (*řecky *Peri fyseós)* i dílo o elementární geometrii.

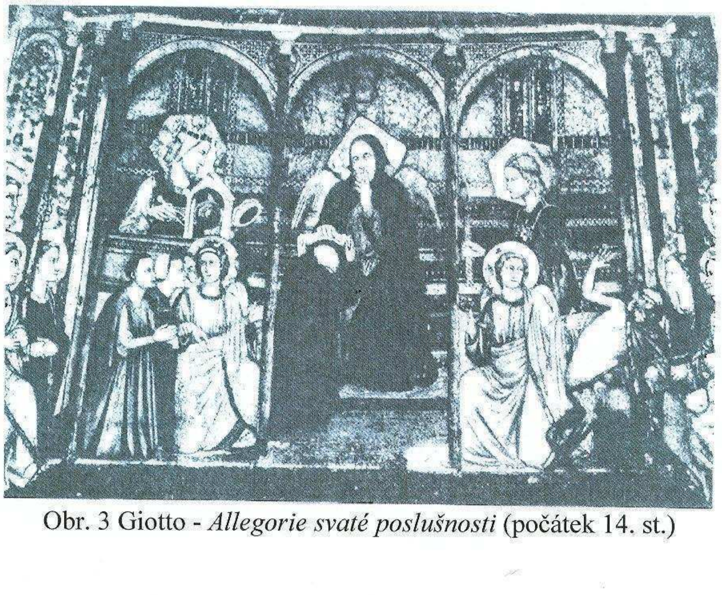
Řecké dějiny ovlivnili tzv. Pythagorejci, jejichž působení přispělo k rozvoji řecké matematiky. Jejich zakladatelem byl Pythagoras ze Samu (cca. 560–480 př.n.l), řecký filozof a matematik. První Řek, který si uvědomil, že Večerka i Jitřenka jsou jedna a tatáž planeta Venuše. Prohlásil, že Země je kulatá a rozšířil Anaximandrův model sfér. Jeho zásluhou se učíme již na základní škole známou Pythagorovu větu. Matematická filozofie Pythagorejců dávala přednost aritmetice a geometrii přisuzovali menší význam. Změna nastala tehdy, když zjistili, že úhlopříčku v jednotkovém čtverci nelze vyjádřit poměrem přirozených čísel, jinak řečeno $\sqrt{2}$ je iracionální. Následovalo období, které je často nazýváno 1. krizí matematiky, které bylo překonáno pozdější geometrizací matematiky. Plně se jim přisuzují zásluhy za systematické zavedení důkazů do matematiky.

Je nutné zmínit ještě všestranného vědce Aristotela ze Stageiry (384–322 př.n.l), žáka Platóna, který přesně zformuloval správné budování deduktivní teorie nejen v matematice, ale i v jiných oblastech vědy. Za jeho nejvýznamnější práci je považováno vytvoření formální logiky, kterou pokládal za základ vědecké a filosofické činnosti. Zformuloval první zákony logiky a logické kategorie. Vypracoval učení o dělení pojmů, soudu, úsudku, definici a generalizaci.

Posledním matematikem antiky, kterého zmíníme, je Euklides z Alexandrie (cca. 340–278 př.n.l). Jeho dílo *Základy* (řecky *Stoicheia*), které napsal asi kolem roku 300 př.n.l., ovlivňovalo vývoj matematiky po dvě tisíciletí. Shrnul v něm většinu tehdejších matematických znalostí a tím se stalo v podstatě biblí matematiků. Mimo jiné zformuloval základní postuláty geometrie, dnes

Euklidovské geometrie a zabýval se teorií čísel. Nalezl postup pro vyhledávání největšího společného dělitele dvou celých čísel. Tento postup je dnes znám jako Euklidův algoritmus. Zajímavostí je, že Euklidův algoritmus funguje i na jiných algebraických strukturách, například polynomech s reálnými koeficienty. V kartografii se používalo mimo jiné i zobrazování kulové plochy na rovinu, tzv. stereografické promítání. Tímto způsobem byly zpracovány mapy hvězdného nebe s poledníky. Tento způsob promítání se připisuje Hipparchovi Rhodskému (cca. 180–152 př.n.l).

Spojovacím článkem mezi antikou a středověkem byl arabský svět. Islámská říše se stává centrem vzdělanosti kolem 7.–10. století. Díky práci tehdejších arabských vědců, kteří studovali a překládali antické texty, se dochovala mnohá antická díla, jejichž původní rukopisy byly ztraceny nebo zničeny. Připomeňme alespoň matematika Muhammad ibn Músa ibn Abdulláh Al-Chvárízmí (9. stol.). V jeho díle mají původ pojmy algoritmus a algebra. Měl velký vliv na pozdější vývoj evropské matematiky.

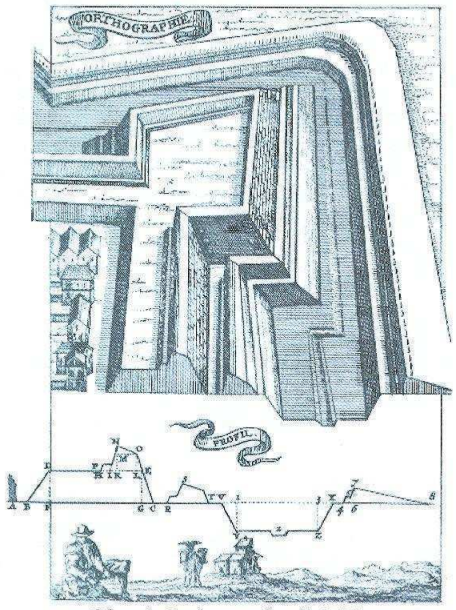


Obr. 3 Giotto - *Allegorie svaté poslušnosti* (počátek 14. st.)

Ve středověku se proslavil Leonardo Pisánský (1170–1240), zvaný Fibonacci. Brzy si uvědomil, že základní aritmetika používající arabské číslice je mnohem jednodušší než do té doby v Evropě používané číslice římské. Ve své knize *Liber abaci (Kniha počtů)*, kterou napsal v roce 1202, poprvé představil arabský číselný systém v Evropě. Tato publikace byla dlouhá léta učebnicí matematiky. V té době měla církev velký vliv jak na život lidí tak i na umění. Ve středověku se rozvíjelo románské a gotické umění. Malíři malovali obrazy svatých a Ježíše, stavěly se převážně kostely a katedrály. Dílo uznávaného umělce Giotta di Bondone (1266–1336) a jeho žáků (obr. 3) ovšem vypovídá o tom, že i v té době ovlivnily umělce geometrické tvary. Do jisté míry uctívali pravidelné tvary a proto je zobrazovali jako svatozář jednotlivých svatých.

Dalším významným obdobím je moderní matematika. Toto období zahrnuje vývoj od 16. století až do současnosti. Vývoj matematiky zaznamenal neuvěřitelně rychlý rozvoj. Ráda bych zmínila alespoň několik výjimečných matematiků, kteří přispěli k rozvoji matematiky.

V 15.–16. století se prudce rozvíjela algebra. Scipione del Ferro (1465–1526) nalezl kolem roku 1515 metodu řešení kubických rovnic tvaru $x^3 + mx = n$. Lodovico Ferrari (1522–1565), italský matematik, nalezl řešení pro rovnice 4. stupně. Geniální samouk Nicollo Tartaglia (1499–1557) přispěl matematice metodou řešení všech typů kubických rovnic. Tuto metodu našel kolem roku 1635, ale jeho výsledky uveřejnil v roce 1645 Gierolamo Cardano ve své knize *Ars magna (Velké umění)*, která je považována za první knihu moderní matematiky. Tartagliovy výsledky jsou dodnes známy pod názvem Cardanovy vzorce. Významným rokem byl i rok 1591. Francois Viète (1540–1603) jako první užívá písmen pro označení konstant i proměnných ve své práci *In Aartem Analyticam Isagoge* a tím zavedl moderní matematickou symboliku. V oblasti umění se rozvíjí renesance. Marsilio Ficino (1433–1499), italský filosof a lékař, prohlásil, že „matematika je pro umění nepostradatelná“. Navíc vzniká přesná metoda zobrazení, tzv. vojenská perspektiva. Je to v podstatě způsob jednoduchého šikmého promítání, jehož původní název byla geometrická elevace. Tato metoda se drží postupu, aby úsečky, kolmé k vodorovné rovině, ve které je položen půdorys, byly promítány rovnoběžně pod úhlem 45 ° v jediném směru. Obrazy toho druhu byly velmi názorné a proto si je oblíbili např. vojáci. V publikaci Františka Kadeřávka *Geometrie a umění v dobách minulých* (s. 29) jsem našla obr. 4. Je to ortografie a profil z díla Malletova.



Obr. 4 Orthografie (1672)

V té době umělci tvoří v duchu renesance. Svou zlatou éru zažívá lineární perspektiva. K rozvoji perspektivního zobrazení přispěly teoretické vědy, geometrie z oblasti matematiky a optika z oblasti fyziky. Průkopníkem lineární perspektivy se stal Paolo di Donno (1397–1475), zvaný Uccello, který se proslavil svými studiemi perspektivy. René Huyghe ve své knize prohlásil, že „Uccellovy obrazy nás neokouzlují tím, co mají se životem společného, nýbrž tím, v čem se od něho odchylují." Dalšími mimořádnými umělci té doby byli Filippo Brunelleschi (1377–1446), významný italský architekt, který je považován za průkopníka renesančního architektonického stylu a Leona Battista Alberti (1404–1472), architekt, spisovatel, teoretik. Jeho největší vliv na další vývoj architektury mělo průčelí florentského chrámu St. Maria Novella, který byl v letech 1446–1455 přestaven podle jeho návrhu. Dále Leonardo da Vinci (1452–1519), který neuznával autoritu dějin, pouze hodnotu experimentu. Jako první používal vzdušnou perspektivu, jejímž základem je zkušenost a experiment. Jsou známé jeho karikatury s jejichž pomocí se snažil definovat ošklivost. Michelangelo Buonarroti (1475–1564) vyzdvihl Platónskou teorii idejí. Experiment považoval za zbytečný a krásu objevil v antice. Posledním zmíněním géniem je Raffaelo Santi (1483–1520), italský malíř a architekt vrcholné renesance, který vyvážil praxi teorií.

Fyzikální a matematické objevy 17. století přispěly ke vzniku nových metod v matematice. Jedním z nejvýznamnějších představitelů té doby jsou Pierre de Fermat (1596–1650) a René Descartes (1596–1650), kteří položili základy analytické geometrie. Descartes napsal první knihu analytické geometrie. Jeho práce *Rozprava o metodě* vyšla v roce 1637. Dalším podstatným pokrokem se staly první zákony teorie pravděpodobnosti, které v roce 1654 ve vzájemné spolupráci zformulovali Pierre de Fermat a Blaise Pascal (1623–1662). Největším objevem 17. století byl zrod infinitesimálního počtu. Issaac Newton (1642–1727) a Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716) vytvořili diferenciální a integrální počet. Z oblasti umění stojí za zmínku Michelangelo Merisi (1573–1610), známější pod jménem Caravaggio. Prokazoval svou originalitu současně v několika směrech, jak při volbě témat svých obrazů, tak u jejich názvů. Jeho světový názor byl proti renesanci. Kladl důraz zároveň na tělesnou i duševní stránku člověka. Podle slov Pierra Francestela v dějinách italského malířství představuje protiváhu „mechanického sentimentalismu“.

V 18. století přispěli k rozvoji matematické analýzy Lenhard Euler (1707–1783), Jacob Bernoulli (1654–1705) a jeho bratr Johann Bernoulli (1667–1748). Základy variačního počtu položil Joseph Louis Lagrange (1736–1813) a zároveň vzniká i deskriptivní geometrie v podání matematika Gasparda Mongeho (1746–1818). Umění 17. a 18. století je nazýváno obdobím baroka. Rozvíjí se iluzivní perspektiva a zároveň se umělci snaží vytvořit dojem většího prostoru.

V 19. století matematika zaznamenala ještě větší a rozmanitější vývoj než kdy jindy. Například se rodí moderní algebra. Niels Henrik Abel (1802–1829) a

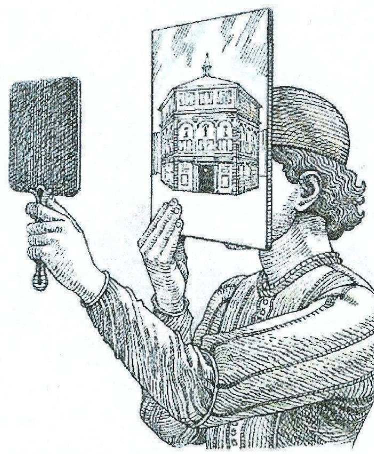
Évariste Galois (1811–1832) ve svých pracích o neřešitelnosti algebraických rovnic stupně vyššího než čtvrtého vybudovali základy teorie grup. Vytvořením neeuklidovské geometrie se zapsali do historie Carl Friedrich Gauss (1777–1855), János Bolyai (1802–1860) a Nikolaj Ivanovič Lobačevskij (1792–1856). Gauss své objevy nikdy nepublikoval a výsledky Bolyaiho a Lobačevského byly rázně odmítány. Jejich výsledky zobecnil až Bernard Riemann (1826–1866). K vývoji matematické analýzy přispěli především Bernard Bolzano (1781–1848) a Augustin Louis Cauchy (1789–1857), který kolem roku 1820 zavedl pojem limita funkce. Dále Karl Weierstrass (1815–1897), který vybudoval pomocí alfabetických znaků dodnes užívaný jazyk matematické analýzy. Umění 19. století ovládly barvy. Vzniká impresionizmus a malíři přisuzují barvám a světlu v obrazech rozhodující úlohu. V té době žil a tvořil Töpffer Rodolphe (1799–1846), ženevský lékař a výtvarník. Kreslil humorné obrázkové příběhy, které byly velmi působivé. Je považován za průkopníka komiksů.

Matematika se vyvíjí i dnes, ale tento vývoj je velmi rozmanitý a obsáhlý a není tematikou této práce. Chtěla jsem přiblížit historii matematiky, abychom lépe pochopili i vývoj umění, jako je malířství, sochařství a architektury současně s matematikou. I v těchto oblastech vznikají styly založené jak na funkčnosti, tak i na estetice uměleckých děl. Působivost monumentální stavby i úchvatnost malířského díla je založena na našem vnímání.

2 Umělecké pomůcky

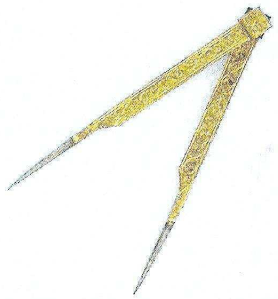
Tvůrci uměleckých děl se v minulosti nespoléhali pouze na své oko a štětec, ale i na své tvůrčí schopnosti. Po dlouhá staletí používali celou řadu pomůcek, aby přesně zachytili perspektivní vztahy. Díky vlohám vynálezců vznikají důmyslné stroje a způsoby pro vznik těch nejlepších děl. V knize *Perspektiva* od Alison Cole nalezneme mnoho takových pomůcek včetně jejich obrázků.

- Brunneleschiho „kukátko" (obr. 5). Filippo Brunelleschi (1377–1446) díky svému vynálezu byl schopen demonstrovat perfektní iluzi hloubky. Do namalovaného obrazu vyvrtal díru přesně v místě úběžníku. Divák zvedl obraz do výše svých očí a stranou, kde nebyla malba, přitiskl otvor k jednomu oku. V druhé ruce držel zrcadlo, aby viděl odraz malby a mohl porovnat namalovanou iluzi se skutečností.



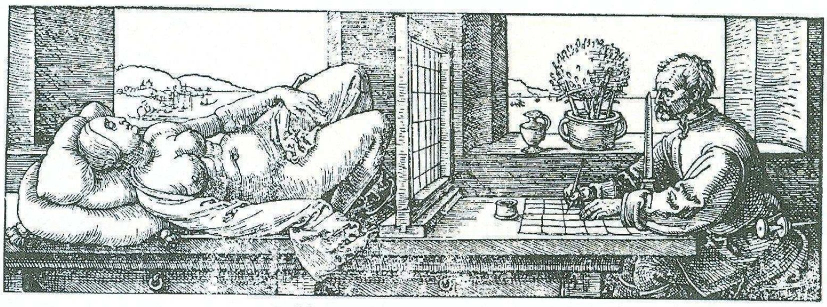
Obr. 5 Brunelleschiho kukátko

- Renesanční odpichovátko (Obr. 6) používal italský malíř zabývající se teorií perspektivy Piero della Francesca (1415–1492). Odpichovátko sloužilo k měření. Tento nástroj ho přivedl k napsání díla *O pěti pravidelných tělesech (De Quinque Corporibus Regolaribus),* v němž vše, co viděl, zredukoval na pět pravidelných geometrických tvarů. Ve svých dílech dokázal kombinovat spontánnost se systematickými zásadami.



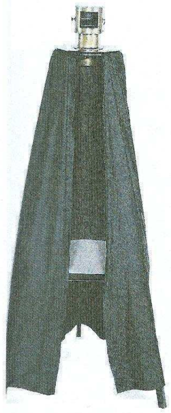
Obr. 6 Renesanční odpichovátko

- Dürerova síť (obr. 7), byla pojmenovaná po norimberskému malíři Albrechtovi Dürerovi (1471–1528), který se proslavil svými dřevořezy a rytinami. Během svého života navštívil Bolognu, aby si osvojil znalosti perspektivy. Své poznatky vydal v letech 1525 a 1538 ve své práci *Pojednání o měření*. Na níže uvedeném obrázku je vidět jeho síť. Je založena na podobném principu, který používal Leonardo da Vinci nebo Leona Battista Alberti. Skládá se z čtvercové sítě černých nití natažených na rám. Rám sítě byl dřevěný a nitě byly pravděpodobně vyrobeny z hedvábí. Čtvercová síť rozložila malovaný objekt na menší části a malíř již potřeboval pouze zachytit čtverec po čtverečku do své kresby. Kromě sítě používal také skleněnou desku a jiné pomůcky.



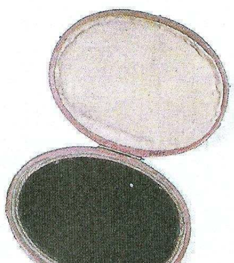
Obr. 7 Dürerova síť

- Kameru obskuru stanového typu (Obr. 8) vynalezl astronom Johannes Kepler (1571–1630). Měla otočnou hlavu a v některých typech byly starší kombinace čočky se zrcadlem nahrazeny hranolem, který odklání světelné paprsky do stanu a na kreslicí papír uvnitř. Tyče otáčejí hranolem, aby se vycentroval obraz a trojnožka umožnila zvednout stan do vhodné pracovní polohy.



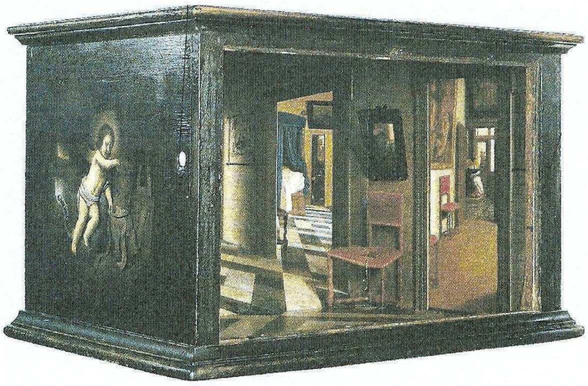
Obr. 8 Kamera obskura (umělé oko)

- Claudeovo zrcadlo (Obr. 9) je konvexní zrcátko se spodní černou nebo stříbrnou vrstvou, v němž se zobrazené krajiny objevovaly ve zjednodušené škále barevných odstínů. Pochází z 18. století. Tato pomůcka byla pojmenovaná po malíři Claudu Lorrainovi (1600–1682), který používal postupný přechod barev od teplých tónů k chladným k vyvolání dojmu prostorové hloubky krajiny.



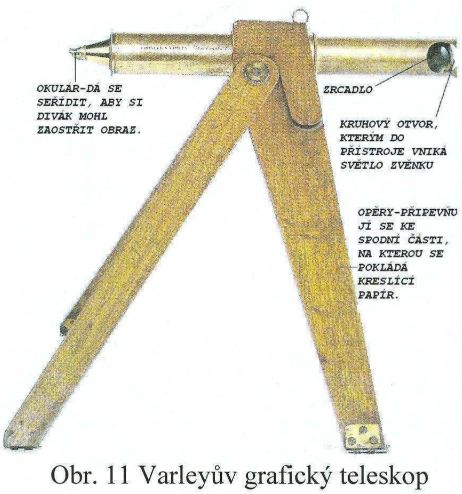
Obr. 9 Claudeovo zrcadlo v přenosném pouzdře

- Perspektivní kukátko (obr. 10) Samuela van Hoogstratena (1627–1678). Tento vynález je skřínkou s malovaným vnitřkem. Do skříňky se nahlíží dvěma malými otvory, které přesně určují, jak pozorovatelé budou vnímat to, co uvidí. Každý otvor zajišťuje, že se divák může dívat jen jedním okem, což zmate jeho úsudek co se týče měřítka a hloubky. U skříňky se využívá jednostředová perspektiva a protože se divák dívá pouze jedním okem, namalované stěny skříňky se mění v trojrozměrný prostor.



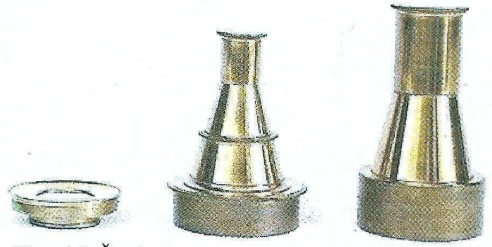
Obr. 10 Perspektivní kukátko

- Varleyův grafický teleskop (Obr. 11) vynalezl anglický malíř akvarelů Cornelius Varley (1781–1873) v roce 1809.



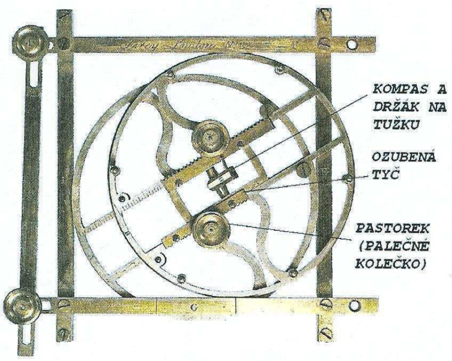
Obr. 11 Varleyův grafický teleskop

Tento přístroj byl určen pro učitele perspektivy a malíře krajin. Využívá kombinaci čoček a tak funguje jako teleskop. Světlo do přístroje vniká otvorem poblíž jednoho konce a odráží se horizontálně přes zrcadlo dvěma konvexními čočkami (na každém konci jedna) až do okuláru. Tam ho druhé zrcadlo odrazí nahoru k oku diváka, kde vytvoří perspektivní obraz.



Obr. 12 Čočka a dva okuláry pro grafický teleskop

- Fareyův elipsograf (Obr. 13) vynalezl inženýr John Farey (1791–1851) kolem roku 1810. Tento přístroj slouží ke kreslení kružnic v perspektivě, tzn. kreslí elipsy.



Obr. 13 Fareyův elipsograf

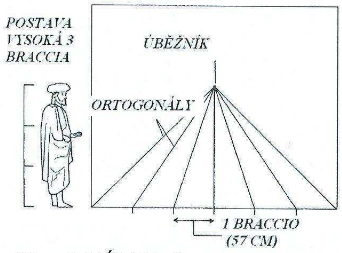
Skládá se ze dvou kruhů o průměru 105 mm, které jsou zasazené do rámu z rovnoběžných tyčí, dále ze střední příčky s jamkou, do níž se zasouvá kružítko s perem nebo tužkou a ze dvou ozubených tyčí a dvou pastorků, které umožňují upravovat vzdálenost mezi kruhy podle požadované velikosti elipsy.

3 Perspektiva

Matematika se v uměleckých a malířských dílech objevuje pomocí perspektivy. Perspektivě se lidé věnovali již ve starém Řecku a Římě, k velkému rozvoji však došlo v 15. století za působení Filipa Brunelleschiho a Leony Battisty Albertiho při znovuobjevení této metody. Alberti přirovnával obrazovou plochu k „otevřenému oknu, jímž je vidět téma, které malujeme". Své poznatky o lineární perspektivě vydal v knize *Della pittura libri tre* (1436).

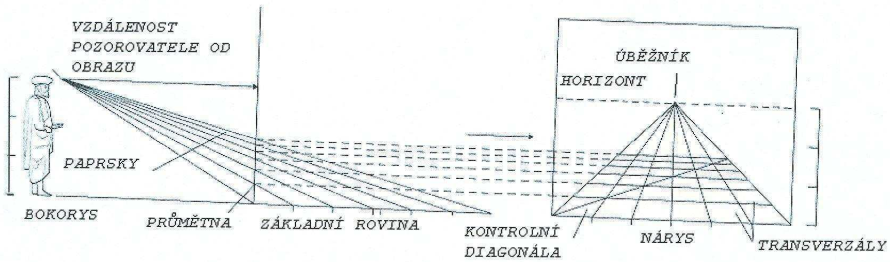
Lineární perspektiva se později stala základním prvkem výtvarných děl. Umělá, neboli lineární perspektiva je metoda zobrazování trojrozměrného prostoru v ploše, tj. ve dvojrozměrném prostoru. Lineární perspektiva je založená na pevném stanovišti jednoho oka. Ovšem práce našich očí je velice složitá a proto nám matematický popis lineární perspektivy může pouze přiblížit skutečný jev vidění. Lineární perspektiva využívá poznatky optiky, aby na malířském plátně zachytila stín i hloubku a tím nás nutila uvěřit trojrozměrným tvarům, které ve skutečnosti nemůžeme na plátně vidět. Ony tam neexistují.

Jako správná metoda i perspektiva má svá pravidla, která se doporučují dodržovat. Již zmíněný Alberti sepsal návod, jak používat perspektivu. V knize *Perspektiva* od Alison Cole je srozumitelně popsán jeho vynález. Svůj systém založil na výšce lidské postavy, kterou stanovil na tři „braccia" (asi 180 cm). Tato jednotka se stala renesanční jednotkou míry. Nakreslil pravoúhlou obrazovou plochu, základnici rozdělil na jednotky braccia zmenšené v určitém měřítku. Potom vyznačil střední úběžník tak, že ve středu základnice vztyčil tři braccia vysokou vertikálu. Nakonec zakreslil úsečky spojující dělící body na základnici s úběžníkem, tzv. ortogonály. Tento postup je znázorněn na obr. 14, který je z publikace *Perspektiva* od Alison Cole (s. 12). Dalším postupem je nakreslení bokorysu, přičemž určíme stanoviště pozorovatele a vzdálenost od obrazu. Dále rozdělení základní roviny, ke kterým vedeme optické paprsky ze stanoviště. Průsečíky těchto paprsků s rovinou obrazu určí horizontální linie (transverzály). Průsečíky ortogonál s transverzály vytvoří šachovnicovou podlahu. Pro kontrolu přesnosti konstrukce se doporučuje nakreslit diagonálu vedoucí z levé dolní dlaždice k nejvzdálenější dlaždici vpravo.



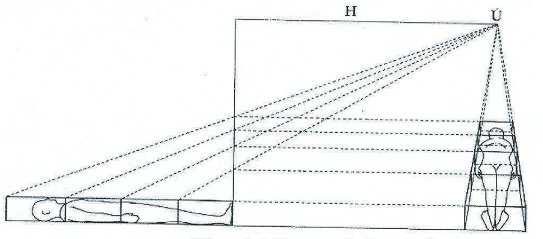
Obr. 14 Úběžník a ortogonály

Postup perspektivního kreslení (Obr. 15) lze pozorovat níže. Všimněme si důležité úlohy úběžníku při kreslení perspektivní sítě.



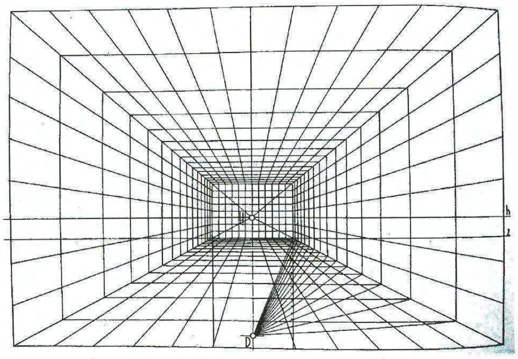
Obr. 15 Perspektivní návod

Určitě si již každý z nás všiml, že na obrazech je pro nás přijatelnější, když vzdálenější postavy jsou menší a užší než postavy umístěné blíže k oku. Tomuto jevu se říká perspektivní zkracování (obr. 16).



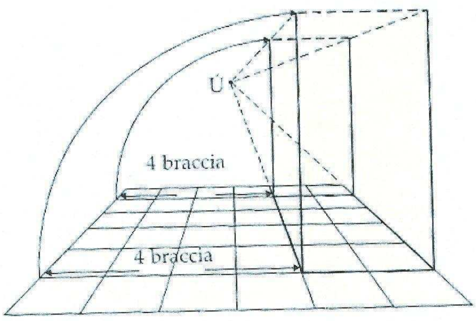
Obr. 16 Perspektivní zkracování

S jeho pomocí se dá věrohodně zachytit třeba obraz čtvercové sítě, např. dlážděná podlaha, šachovnice atd. Použití šachovnicové podlahy běžící až za obrazovou plochu vytváří lineární rámec pro konstrukci perspektivního obrazu. Menší, až ubývající postavy díky zvětšování dálky také vytváří hloubku obrazu. Z knihy *Perspektiva* od Věkoslava Handy Pardyla (s. 32) je ukázka perspektivní sítě (obr. 17). Tento obrázek ukazuje perspektivní rozdělení stěn, stropu a podlahy v místnosti. Do této sítě lze bez použití měřítka zakreslit objekty perspektivy ve správném poměru.



Obr. 17 Perspektivní síť

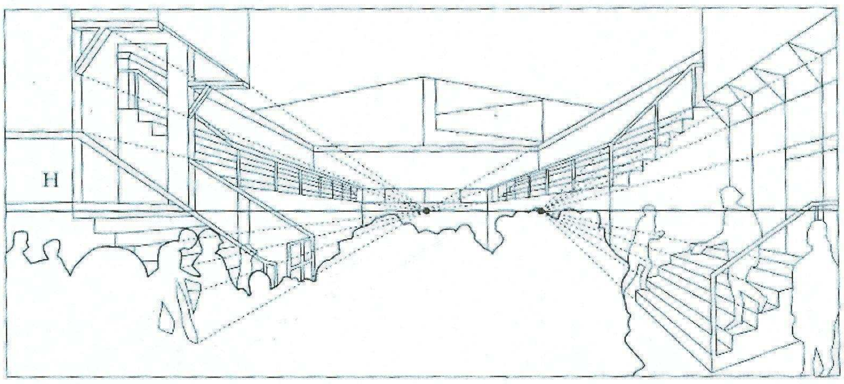
V perspektivě dostává důležitou úlohu tzv. úběžník(Ú) a bod na horizontu(H), který představuje velkou vzdálenost. V jednostředových perspektivách je to jediný bod, v němž se v dálce sbíhají všechny rovnoběžné přímky ustupující od pozorovatele a je vždy ve výši jeho oka.



Obr.18 Velikost předmětů v perspektivě

Umístění předmětů do prostoru provedli umělci také pomocí svého měřítka. Půdorys (základnu) předmětu nejprve zakreslili do čtvercové sítě a potom ho přenesli do perspektivní sítě. S využitím vzdáleností, které naměřili na horizontálách podlahy, bylo možné určit výšku předmětu vpředu i vzadu. V uvedené ukázce (obr. 18) je používáno měřítko na čtyři braccia, přibližně 228 cm.

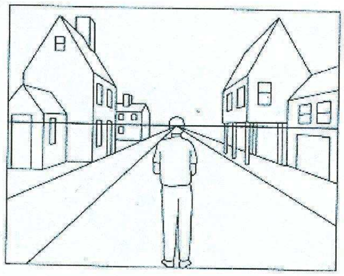
Existují i případy, kdy na obraze nalezneme více úběžníků. V tomto případě mluvíme o vícestředové, mnohonásobné perspektivě, kdy úběžníky mohou ležet mimo obrazovou plochu. Reliéf (obr. 19) Donatella (1386-1466), vlastním jménem Donato di Niccolo di Betto Bardi, znázorňuje vícestředovou perspektivu. Všimněme si, že oba úběžníky leží na témže horizontu (H). Budova vlevo a stupňovitá stavba vpravo se sbíhají ke střednímu úběžníku, ale budova vpravo vepředu sbíhá k druhému úběžníku.



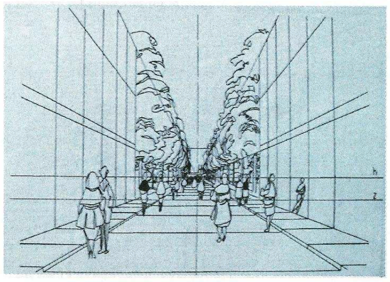
Obr. 19 Vícestředová perspektiva

3.1 Perspektiva s normálním stanovištěm oka

Normálním stanovištěm nazýváme případ, kdy oko pozorovatele je vždy v přímém vztahu k horizontu na obraze. Stojí-li divák na základní rovině, horizont je ve výši jeho hlavy. Obr. 20 nalezneme již ve zmíněné knize *Perspektiva* od Alisona Cola, obr. 21 je ze studijního textu *Perspektiva* autora V. H. Pardyla.

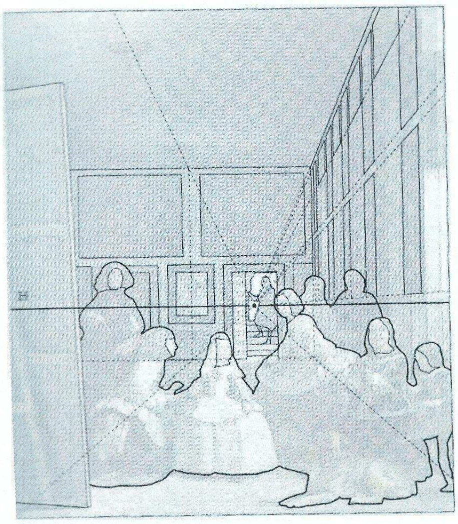


Obr. 20



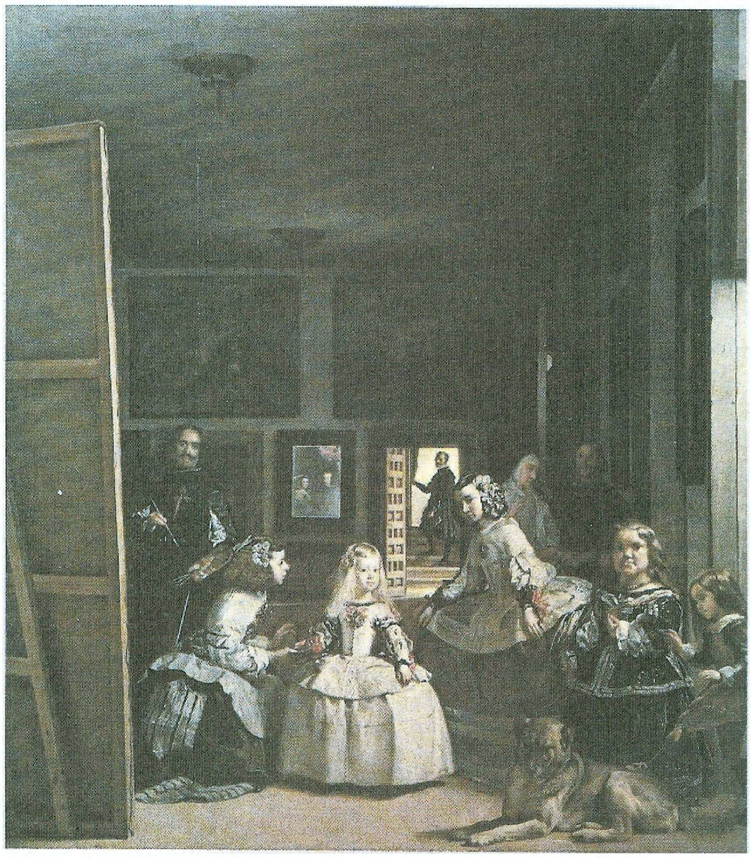
Obr. 21

Ukázkou tohoto typu by nám mohla sloužit olejomalba s názvem *Las Meninas* (obr. 23), kterou namaloval v roce 1656 Diego Velázquez (1599–1660). Toto dílo je vystaveno v galerii umění Museo del Prado v Madridu.



Obr. 22 Diego Velázquez - *Las Meninas* (rozbor)

Na tomto obraze malíř zachytil sám sebe, jak maluje portrét krále a královny. Z pečlivé perspektivy lze odvodit, že velké plátno vpředu leží mezi zrcadlem a postavami, které vidíme v zrcadle na zadní stěně. Princezna s ostatními se dívají na krále a královnu, kteří jsou na naší straně.

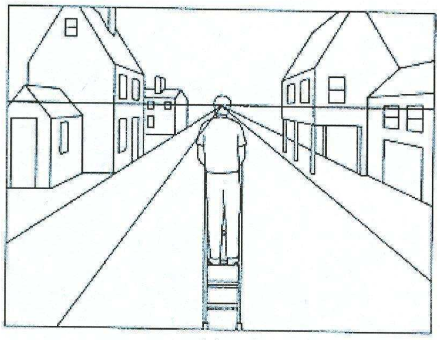


Obr. 23 Diego Velázquez - *Las Meninas,* 1656

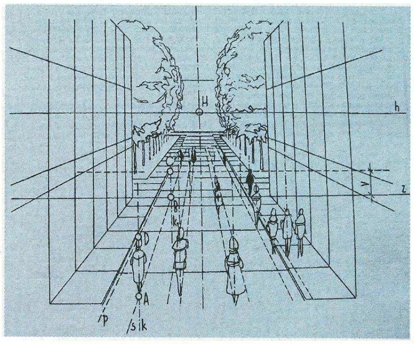
V tomto díle malíř ukázal své znalosti perspektivy, které spojil s výjimečným zacházením se světlem a stínem. Velázquez pomocí pravoúhelníkových tvarů dal obrazu geometrický ráz. Horizont je malinko níže než střední přímka plátna. Naše oko je přitahováno k úběžníku díky světlu na tmavém pozadí a to zajistil malíř otevřenými dveřmi. Pouze ženské postavy vedle princezny, které nestojí vzpřímeně, změkčují přísnou geometrii obrazu.

3.2 Perspektiva s vysokým stanovištěm oka, tzv. ptačí perspektiva

Vysokým stanovištěm nazýváme případ, kdy horizont je ve výši oka pozorovatele, ale vidí větší část základní roviny, má tzv. perspektivní nadhled. Takovým případem je například pozorovatel na schodech nebo žebříku. Obr. 24 nalezneme již ve zmíněné knize *Perspektiva* od Alisona Cola, obr. 25 je ze studijního textu *Perspektiva* autora V. H. Pardyla.



Obr. 24



Obr. 25

Jan Van Eyck (1390–1441) byl významným nizozemským malířem pozdní gotiky. Jeho oko bylo často označeno za teleskop i mikroskop, protože všechno studoval velmi pečlivě. Jeho největším kladem byl podivuhodný smysl pro zachycení světla a důkladnost, která je zachycena na detailu obrazu (obr. 26).

Obr. 26 Jan Van Eyck - *Podobizna manželů Arnolfiniových* (detail)

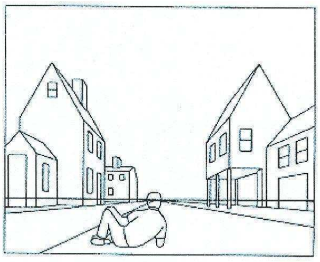
Jan Van Eycl vytvořil olejomalbu v roce 1434 pomocí konvexního zrcadla. *Podobizna manželů Arnolfiniových* (obr. 27) je k nahlédnutí v Národní galerii (National Gallery) v Londýně. Maloval to, co viděl a nepoužíval záměrně perspektivu. V jeho obrazech se objevují symboly, které se dají spojit s jeho vírou v Boha. Pozemské světlo, jeho kvalita, zdroj a směr jsou současně narážkami na Milost, Zjevení a Vykoupení.

Obr. 27 Jan Van Eyck - *Podobizna manželů Arnolfiniových,* 1434

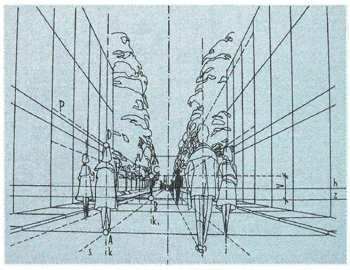
Perspektivní základ obrazu je naznačen pomocí prkenných podlah a trámového stropu. Typickými znaky jeho tvorby jsou nápadité stíny a citlivé využití světla. V tomto díle se to projevuje ve výrazných stínech kolem postav a předmětů, například kolem bot na podlaze. Zajímavostí je, že v zrcadle na zadní stěně vidíme čtyři postavy místo dvou. Jsou zachyceni totiž přátelé manželů, se kterými hovoří.

3.3 Perspektiva s nízkým stanovištěm oka, tzv. žabí perspektiva

Nízkým stanovištěm nazýváme případ, kdy horizont je ve výši oka pozorovatele, ale vidí menší část základní roviny, má tzv. perspektivní podhled. Situace, kdy pozice pozorovatele je nízko, je například vleže. Obr. 28 nalezneme již ve zmíněné knize *Perspektiva* od Alisona Cola, obr. 29 je ze studijního textu *Perspektiva* autora V. H. Pardyla.

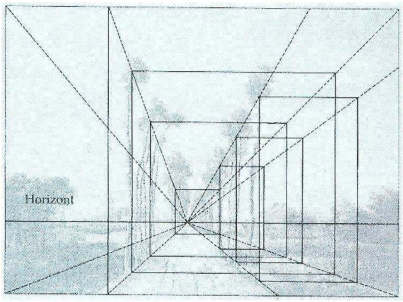


Obr. 28



Obr. 29

Nízké stanoviště využil Meindert Hobbema (1638–1709) na svém nejznámějším obraze *Alej v Middelharnisu* (obr. 31), z roku 1689, kterou můžeme vidět v Národní galerii (National Gallery) v Londýně. Hobbema byl nizozemský malíř, který pro své obrazy vybíral náměty z lesnatých provincií a idylických zákoutí v okolí Amsterdamu. Nejčastěji maloval romantické mlýny a chatrče v lese. Zmíněný obraz patří k posledním umělcovým dílům. Dokonalý perspektivní rámec obrazu, který byl dobře promyšlen, ukazuje obr. 30.



Obr. 30 Meindert Hobbema - *Alej v Middelharnisu,* (rozbor)

Tato krajina vede oko diváka po cestě lemované stromy. Když pozorovatel mění své stanoviště, přední plán se v takovýchto hloubkových perspektivách zdánlivě otáčí. Jakmile se očima přesuneme doleva, stezka ve středním plánu vpravo se zhoupne do zorného pole. Tohoto efektu malíř dosáhl pomocí prudkého perspektivního zkracování. Horizont je jasně vidět již na první pohled a úběžník je položen skoro ve středu horizontální linie. Nejvýrazněji je naznačen alejí stromů, které k úběžníku ustupují. Navíc úběžník je blízko hlavy muže, který jde směrem k nám. Tento tah malíře v nás vyvolává pocit, že do obrazu můžeme vstoupit a s mužem se setkat.

Obr. 31 Meindert Hobbema - *Alej v Middelharnisu,* 1689

Původně byly na obraze ještě dva stromy, jeden na každé straně cesty. Není známo, proč je malíř z kompozice odstranil. Pravdou ale je, že jejich odstraněním otevírá krajinu a dává jí neobyčejnou vzdušnou hloubku.

3.4 Porušená perspektiva

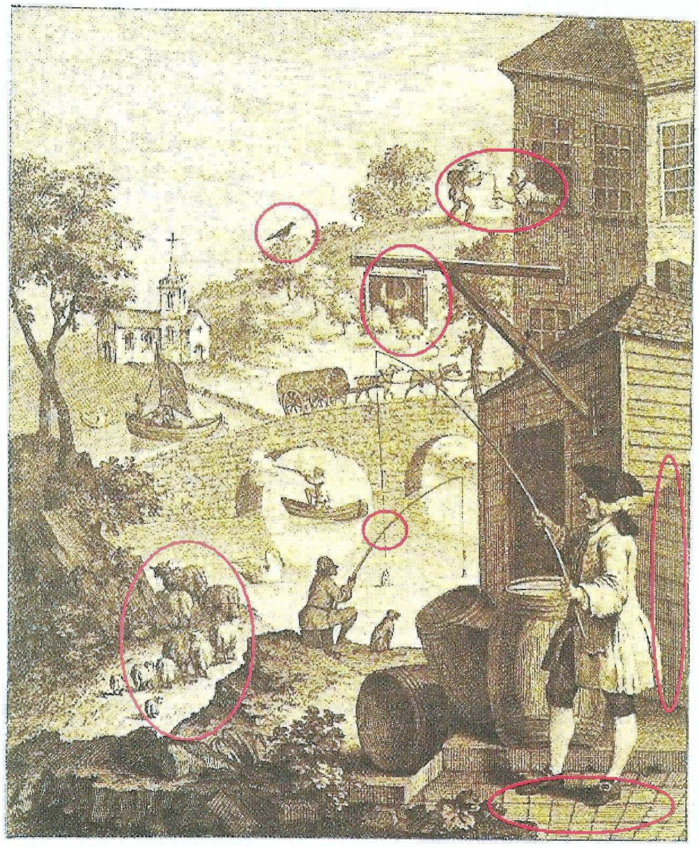
V historii umění můžeme narazit na několik malířských děl, kde perspektiva je jednoznačně porušena. K tomu mohlo dojít z důvodu

- neznalosti geometrické konstrukce perspektivy (obr. 32), viz. Tabulový obraz z Lüneburgu, namalován Dolnosaským mistrem, malba z roku 1410
- úmyslně (obr. 33), viz. Grafický list Williama Hogarthe (1697–1764) *Perspektivní absurdity, z roku* 1754.

Obr. 32 Tabulový obraz, 1410

Na obr. 32 perspektivu porušuje dláždění místnosti, které je provedeno na základě nesprávné geometrické úvahy. Diagonály jednotlivých čtvercových vrstev nejsou rovnoběžné. Výsledkem je, že podlaha nepůsobí realisticky, nýbrž že pravá a levá strana míří k sobě a tento nedostatek se snaží zakrýt postava ve předním plátně.

William Hogarthe byl anglický malíř, rytec, ilustrovaný satirik a karikaturista. Patří mezi průkopníky rokoka. Nelogičnost grafického listu (obr. 33) dělají záměrné chyby v perspektivě a osvětlení. Toto dílo bylo vytvořeno spíše jako satira, abychom si uvědomili, že kvalitní malířské dílo je pro nás spojené s dokonalým perspektivním obrazem. Bez znalostí perspektivy, které nám zanechali velcí mistři renesance, bychom mnoho věcí nepředpokládali. Jelikož trojrozměrný prostor musíme při malování zachytit a zvládnout pouze ve dvou rozměrech, samozřejmosti, jako například dálkou se zmenšující postavy nebo zakrývající se tvary, si nemusíme uvědomit.



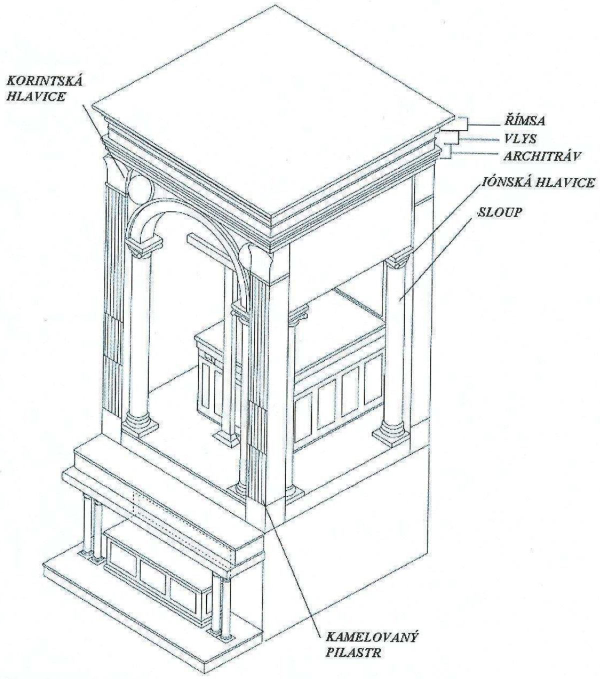
Obr. 33 William Hogarth - *Perspektivní absurdity,* 1754

Věnujme tedy pozornost záměrným chybám, které jsou hezky shrnuty v knize autorů Bečvář a Fuchs *Člověk-Umění-Matematika.* Tyto chyby jsem barevně zdůraznila i na obr. 33.

- chodec si zapaluje dýmku od svíčky, kterou mu někdo podává z 2. patra,
- udice muže v pravém rohu obrazu přesahuje rybáře sedícího na břehu a jeho udici,
- perspektiva stromořadí i ovcí v popředí je obrácená,
- pták sedící na posledním stromě by musel být ve skutečnosti nesmírně veliký,
- vývěsní štít domu je překryt stromy na svahu za vodou,
- perspektiva dlaždic je obrácená,
- úběžníky rovnoběžek na stavbách jsou nepochopitelné,
- za pohledem mostu je horizont, ale z celkového obrazu je zřejmé, že tam musí být stráň.

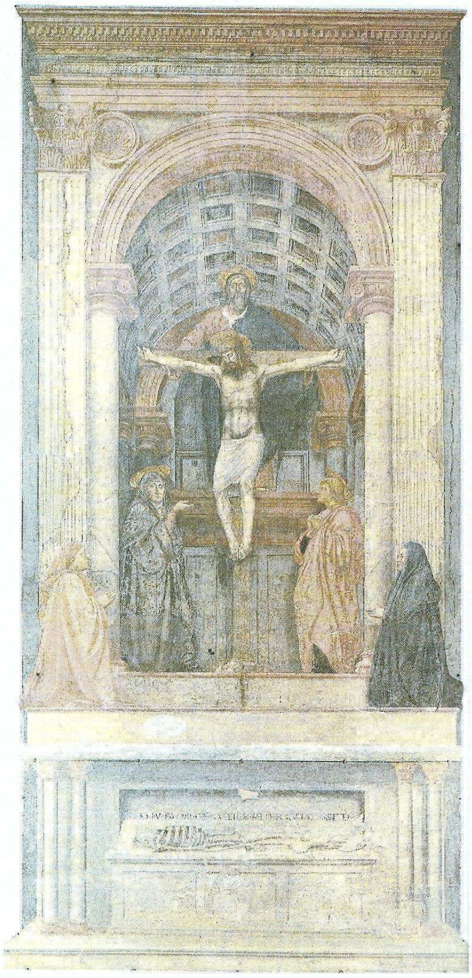
3.5 Dokonalá perspektiva

Význam perspektivy si mezi prvními uvědomil i florentský malíř Masaccio (1401–1428), vlastním jménem Tommaso di Ser Giovanni Cassai. Považujeme ho za zakladatele florentského renesančního malířství. Působil ve Florencii, Píse a Římě. Byl ovlivněn Brunelleschim a Donatelem. Pochopil vnitřní velikost Giottova umění. Stejně jako u Giotta, i z jeho postav vyzařuje lidskost. Jeho hlavním malířským prostředkem je světlo a stín. Tento italský malíř stihl za svůj krátký život vytvořit několik významných děl. Jeho freska *Nejsvatější Trojice* (obr. 35) v chrámu Santa Maria Novella ve Florencii je konstruována tak pečlivě, že by mohla být součástí architektonického projektu (obr. 34).



Obr. 34 Masaccio - *Nejsvatější Trojice* (Detail chrámu)

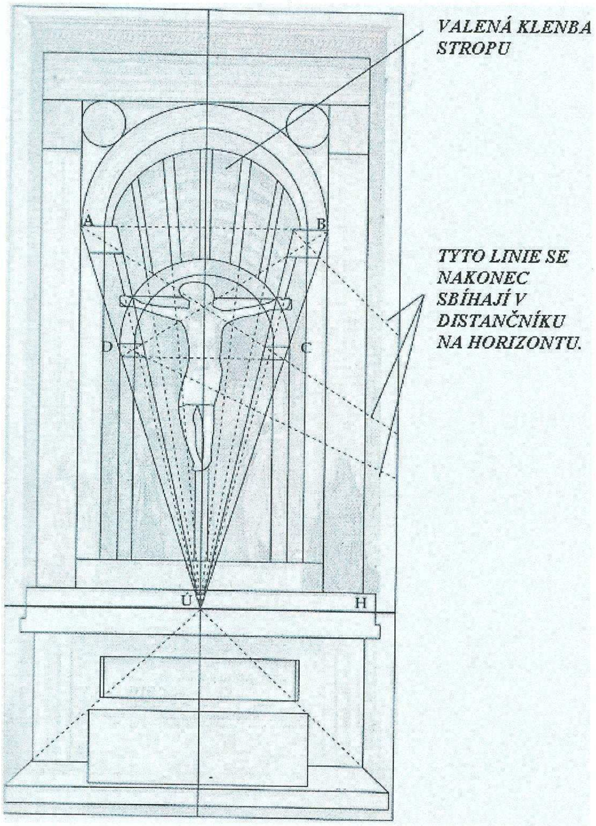
Iluzi dokonalosti nám dává použití lineární perspektivy. Svátost fresky zajišťuje stínování, které mírně potlačuje přísnou geometrii. Freska se skládá ze dvou částí. Horní část je částí svatou, kde vidíme ukřižování Krista na Golgotě, dolní část je částí hříšnou. Hrob Adama představuje hříchy člověka. Společně tyto dvě části symbolizují vykoupení člověka. Na Adamově hrobce je napsaný verš: „Co jste vy, byl jsem kdysi já, a co jsem já, budete i vy." Díky využití denního světla a perspektivy se nám zdá, že kostlivec je součástí chrámového prostoru.



Obr. 35 Masaccio - *Nejsvatější Trojice*, 1427

Podívejme se na fresku očima perspektivy (obr. 36). Již zmíněné dvě základní části obrazu, posvátnou a hříšnou, perspektiva šikovně rozděluje horizontem. Ortogonály obou se sbíhají v nízkém úběžníku v rovině očí. Ortogonály jsou diagonální linie vedené z dělících bodů na základnici roviny obrazu k úběžníku.

Představují ustupující rovnoběžky kolmé k rovině obrazu a vedou pozorovatelovo oko do hloubky. Podle pravidel perspektivy jsou postavy Panny Marie, sv. Jana a Kristuse zachyceny zespoda, ale Bůh je zobrazen čelně.

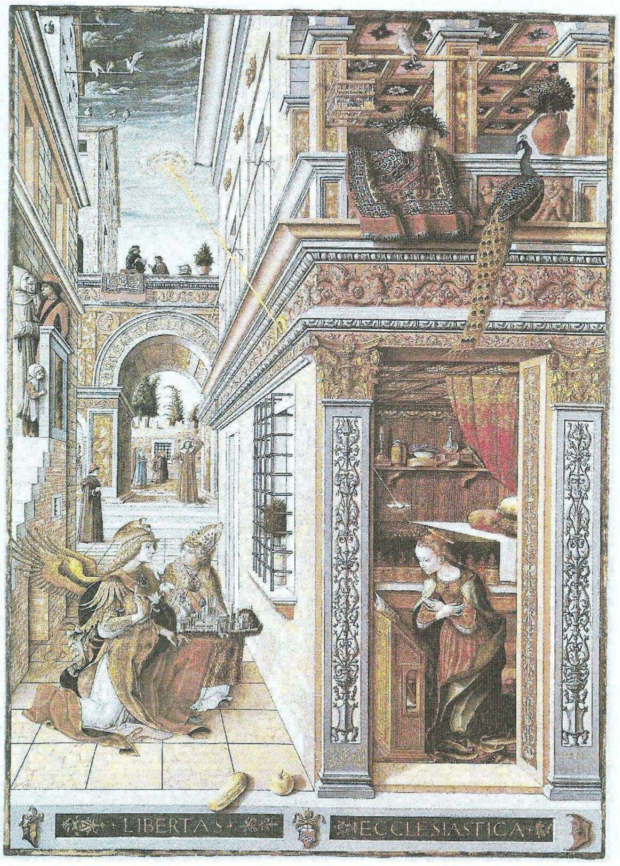


Obr. 36 Masaccio - *Nejsvatější Trojice* (rozbor)

Označený čtyřúhelník ABCD je ve skutečnosti dokonalým čtvercem. Při konstrukci Masaccio dbal na detaily a pomáhal si kontrolními liniemi. Úsečky AC, BD jsou takovými kontrolami (diagonály jsou čtverce).

Další ukázkou dokonalé perspektivy je dílo Carla Crivelliho (1430–1495). Crivelli patří ke generaci benátských malířů. V roce 1490 byl povýšen na rytíře. Byl gotikem tělem i duší. Měl rád ornamenty, dekorace a jasné barvy.

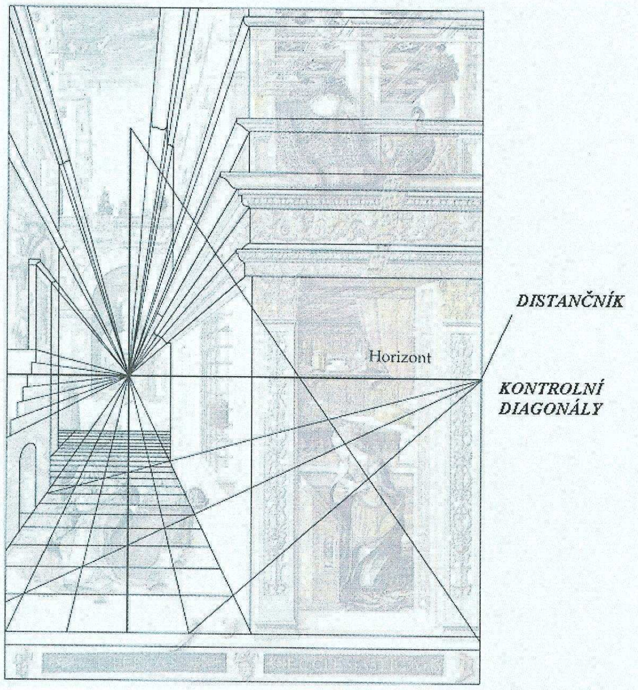
Jeho malba *Zvěstování se sv. Emidiem* z roku 1486 (obr. 37) úchvatně spojuje jednotlivé perspektivní teorie a potvrzuje matematický základ jeho umění. Tato malba je uložena v Národní galerii (National Gallery) v Londýně.



Obr. 37 Carl Crivelli - *Zvěstování se sv. Emidiem, 1486*

Technické detaily (obr. 38) používá umělec naprosto dokonale. Všimněme si kde je umístěn úběžník. Chytrou volbou červené čepice malíř ukazuje na centrální bod. Díky této fintě přitahuje oko pozorovatele k úběžníku. Crivelli propracoval i svatozář archanděla Gabriela. Svatozář namaloval ve tvaru mělkého talíře, ne jako pouhý kruh, dokonce naznačil i konstrukci, jak je připevněna svatozář k jeho hlavě. Dále důkladně namaloval ptačí klece, každou z jiného úhlu. Správnost perspektivy nám dokazují také kontrolní linie, tj. diagonály podlahových dlaždic s okrajem obrazu.

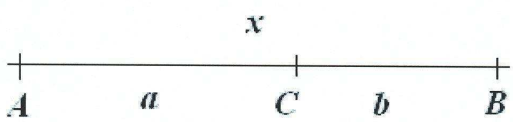
Překvapivým článkem je tykev a jablko v předním plátně obrazu. Přisuzuje se jim biblický odkaz. Tykev je považována za symbol Kristova vzkříšení a jablko nás upozorňuje na upadnutí člověka v hřích. Crivelli se nezapomněl ani podepsat. Pokud se podíváme dobře, najdeme podpis autora na středním pilastru.



Obr. 38 Carl Crivelli - *Zvěstování se sv. Emidiem* (rozbor)

4 Zlatý řez

Zlatý řez se v dějinách matematiky i malířství objevuje velmi často. Lidé v dobách minulých věřili, že zlatý řez vyjadřuje krásu a dokonalost. Co ovšem myslíme pod názvem zlatý řez? Zlatý řez vyjadřuje poměr. Například, když rozdělíme libovolnou úsečku na dvě různé části tak, že poměr větší části úsečky k menší je stejný, jako poměr celé úsečky k části větší. Znázornění takové úsečky můžete vidět na obr. 39.



Obr. 39

Na základě značení můžeme říct, že hodnota zlatého řezu φ je určena vztahem $\frac{x}{a}=\frac{a}{b}$, přičemž hodnoty a,b jsou různé od nuly. Samozřejmě zlatý řez se dá určit přesně. Zvolíme–li $x=1$, po dosazení do vztahu $\frac{1}{a}=\frac{a}{b}$, kde $b=x-a$ dostáváme, že $\frac{1}{a}=\frac{a}{1-a}$. Jelikož jsme si zvolili $|AB|=x=1$, jmenovatel $1-a$ je určitě různý od jedné i od nuly. Rovnici nyní pomocí ekvivalentních úprav převedeme do tvaru kvadratické rovnice $a^2+a-1=0$ s jedinou proměnou a. Pomocí vzorce pro výpočet kořenů kvadratické rovnice získáváme pro číslo a hodnoty a_1,a_2:

$$a_{1,2}=\frac{-1\pm\sqrt{1^2-4\cdot1\cdot(-1)}}{2\cdot1}=\frac{-1\pm\sqrt{5}}{2},$$

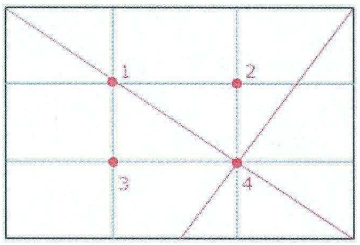
takže $a_1=\frac{-1+\sqrt{5}}{2}$ a $a_2=\frac{-1-\sqrt{5}}{2}$.

Nás zajímá hodnota čísla a_1, protože délka úsečky nemůže mít zápornou hodnotu. Nyní již snadno zjistíme hodnotu zlatého řezu φ:

$$\varphi = \frac{x}{a} = \frac{1}{\frac{-1+\sqrt{5}}{2}} = \frac{2}{-1+\sqrt{5}} \cdot \frac{1+\sqrt{5}}{1+\sqrt{5}} = \frac{2 \cdot (1+\sqrt{5})}{-1+5} = \frac{1+\sqrt{5}}{2},$$

to je přibližně 1,618034.

V umění se setkáváme s využíváním zlatého řezu velmi často. Nejčastěji ho objevíme při zkoumání obrazového rámu. Malíři používají pro své kompozice rám ve tvaru obdélníku, jehož strany jsou v poměru zlatého řezu. Při umístění tématiky se také dbá na správné rozložení. Již jsem zmínila, že použití zlatého řezu v nás vyvolá pocit harmonie a dokonalé krásy. Proto se většina malířů a fotografů drží rad, jak rozvrhnout obrazovou plochu (obr. 40).

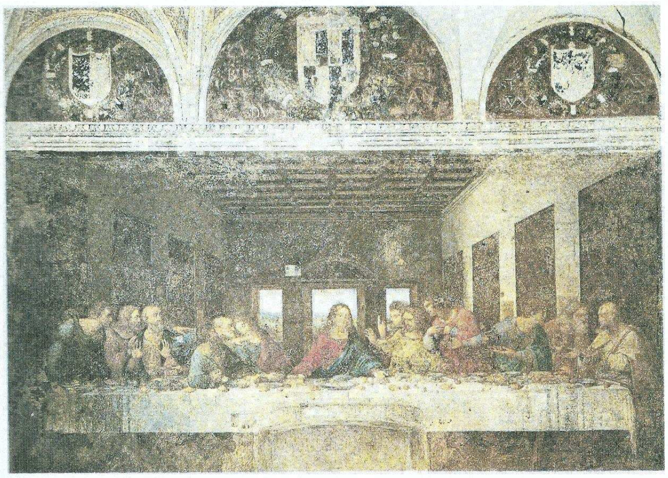


Obr. 40

Předměty většinou neumísťujeme do středu, ale do průsečíků 1 až 4. Měli bychom dbát i na to, aby před obličeji lidí zůstalo dostatek prostoru.

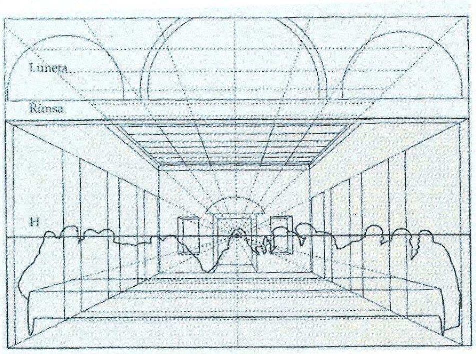
4.1 Zlatý řez v obrazech

Zlatý řez nalezneme na fresce *Poslední večeře* (obr. 41) od mistra Leonarda da Vinciho. Maloval ho v letech 1495–1497 a je k nahlédnutí v milánském kostele Santa Maria delle Grazie. Toto dílo zachycuje Ježíše a jeho dvanáct apoštolů při poslední večeři.



Obr. 41 Leonardo da Vinci – *Poslední večeře,* 1497

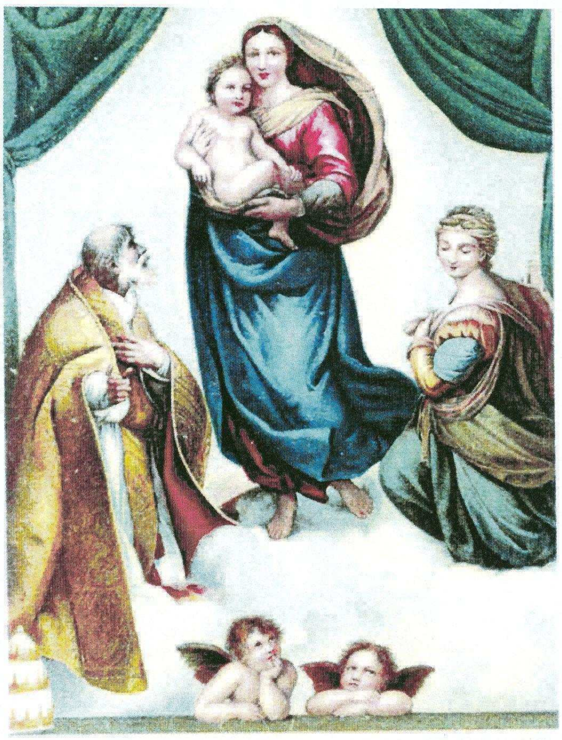
Tento obraz je sice plný nejasností, ale na druhou stranu malíř vytvořil dokonalou perspektivu. Jeho jasná kompozice (obr. 42) je vidět na první pohled.



Obr. 42 Leonardo da Vinci – *Poslední večeře,* (rozbor)

Všimněme si také, že Kristus je namalován ve větším měřítku, než jeho učedníci. To je z duchovního důvodu. Další nejasností je obrovský stůl, který z částí zakrývá perfektní hloubku obrazu. Stůl je natolik široký, že se na jeho koncích učedníci tísní. Na horizontu (H) jsou umístěny hlavy všech zúčastněných a horizont je umístěn téměř na jedné z třetinových čar obrazu č. 40. Divákovo oko je přitahováno ke Kristově postavě pomocí úběžníku a rázného světla za ním. Zlatý řez se objevuje u linie lidí. Mezi Kristem a postavou na jeho pravém boku je velké místo do tvaru písmene V. Skupinka lidí na levé straně obrazu je vzhledem k ostatním oddělena téměř ve zlatém řezu.

Dalším mimořádným umělcem je Raffaelo Santi. Maloval převážně madony. Podle jeho filozofie má umění vytvářet ideální typy. Vše nahodilé u něj zmizí, každý tvar má vyjadřovat umělcovou svobodu a dovednosti. Jeho umění spojuje ideál krásy s duševní ušlechtilostí.



Obr. 43 Raffaelo Santi - *Sixtinská madona,* 1513

Jeho vrcholným oltářním dílem je olejová malba *Sixtinská madona* (obr. 43), kterou namaloval v letech 1512-1513. Tato malba je k nalezení v galerii Zwinger v Drážďanech. *Sixtinská madona* patří mezi nejvýznamnější ze světové malířské tvorby a dlouho představovala ideální výtvor západního malířství. Goethe ji nazval praobrazem mateřství.

Raffaelo dokázal vytvořit nový vztah k divákovi pomocí pohybu oděvů. Z malby cítíme přítomnost lehkého větru, který působí dojmem vznášení se. Díky tomu Madona sestupuje k nám a ukazuje budoucího Spasitele. Sv. Barbora na dítě dohlíží a Sv. Sixtus se za něho modlí. Papežův natažený prst upozorňuje diváka, aby Madonu sledoval. Madonin utrápený výraz se vysvětluje tím, že vidí synovu smrt a dítě vidí vlastní utrpení.

Pokud se podíváme na již zmíněný obr. 40, můžeme si všimnout, že rozložení obdélníkové sítě je podobné, jako u obrazu. Madona s malým Kristem jsou jediní v horní třetině. Klečící postavy, papež sv. Sixtus a sv. Barbora jsou umístěny ve druhé třetině a dva malí andělé ve třetí třetině. Třetinový rozklad se zachovává i vertikálně. Toto dělení nám naznačují zelené opony. Zlatý řez se objevuje při rozložení postav. Sv. Sixtus je oddělen od sv. Barbory a Madony ve zlatém řezu. Madoniny šaty také dělí úhlopříčku ve zlatém řezu.

Závěr

Doufám, že se mi pomocí úchvatných děl velkých mistrů umění povedlo čtenáři přiblížit úlohu matematiky v oblasti umělecké tvorby. V mé práci jsem uvedla a zkoumala pouze zlomek uměleckých děl vhodných pro tuto tematiku, které mají prvky matematiky a fyziky. Zjistila jsem souvislosti mezi matematikou a uměním v dějinách. Souhrn dovedností, které jsem shromáždila, přinese čtenáři přehled v oblasti perspektivy. Má bakalářská práce může sloužit jako studijní materiál a může také být inspirací pro učitele či studenty. Oblast věnovaná matematice v umění je velice široká, jelikož i dějiny lidstva sahají do dávných časů. Proto existuje ještě několik tematických okruhů, které bych mohla rozvést v rámci této práce. Ovšem vzhledem k omezenému obsahu to není možné. Během psaní bakalářské práce jsem se chtěla věnovat tvorbě osob, které zmiňuji v historii matematiky, jejich zjištěním a přínosu pro lidstvo. Dále lze navázat prací na výskyt zlatého řezu v matematice a přírodě, například rozvést Platónská tělesa nebo Fibonacciovu posloupnost.

Lidstvo se ve všem snaží najít estetiku a krásu. Pomocí matematiky a geometrie můžeme popsat jednotné vlastnosti zkoumaných děl a pomocí umění je můžeme chápat již na první pohled. Tyto zdánlivě vzdálené obory jdou již od pradávna ruku v ruce.

Literatura

BEČVÁŘ, Jindřich. Hrdinský věk řecké matematiky. In BEČVÁŘ, Jindřich, FUCHS, Eduard. *Člověk - umění - matematika : Historie matematiky*. Praha : Prometheus, 1996. s. 20-107.

COLE, Alison. *Perspektiva*. Jana Solperová. Praha : Perfekt, 1995. 64 s. ISBN 80-85261-77-4.

GOMBRICH, Ernst Hans. *Příběh umění*. Praha : Mladá fronta, 2003.

GOMBRICH, Ernst Hans. *Umění a iluze : Studie o psychologii obrazového znázorňování*. Praha : Odeon, nakladatelství krásné literatury a umění, 1985. 533 s.

HUYGHE, René. *Umění renesance a baroku*. Praha : Odeon, 1970. 481 s.

CHMELÍKOVÁ, Vlasta. *Http://www.karlin.mff.cuni.cz* [online]. [2006] [cit. 2008-10-15]. Dostupný z WWW: <http://www.karlin.mff.cuni.cz/katedry/kdm/diplomky/chmelikovabp/Zlaty_rez.pdf>.

KADEŘÁVEK, František. *Geometrie a umění v dobách minulých*. Praha : Půdorys, 1994. 87 s. ISBN 80900791-5-6.

FOLTA, Jaroslav. Vidění a zobrazování. In BEČVÁŘ, Jindřich, FUCHS, Eduard. *Člověk - umění - matematika : Historie matematiky*. Praha : Prometheus, 1996. s. 7-48.

MRÁZ, Bohumír, MRÁZOVÁ, Marcela. *Encyklopedie světového malířství*. Praha : Academia, 1988. 681 s.

NOVOTNÁ, Věra. *Http://www.sberatel-ksk.cz* [online]. c2001-09 [cit. 2008-10-15]. Dostupný z WWW: <http://www.sberatel-ksk.cz/sberatel/poh/05_2_2/raffaelo_santi.htm>.

PARDYL, Věroslav Handa. *Perspektiva.* Praha: Akademie múzických umění v Praze, 1997. 59 s. ISBN 80-85883-24-4

PIJOAN, José. *Dějiny umění / 6.* Praha : Odeon, 1989. 352 s.

PIJOAN, José. *Dějiny umění / 7.* Praha : Odeon, 1989. 352 s.

ŠAROUNOVÁ, Alena. Věda a umění. In BEČVÁŘ, Jindřich, FUCHS, Eduard. *Člověk - umění - matematika : Historie matematiky.* Praha : Prometheus, 1996. s. 170-171.

ŠAROUNOVÁ, Alena. Geometrie gotické architektury. In BEČVÁŘ, Jindřich, FUCHS, Eduard. *Člověk - umění - matematika : Historie matematiky.* Praha : Prometheus, 1996. s. 172-189.

ŠAROUNOVÁ, Alena. Geometrie a malířství. In BEČVÁŘ, Jindřich, FUCHS, Eduard. *Člověk - umění - matematika : Historie matematiky.* Praha : Prometheus, 1996. s. 190-219.

VODÁKOVÁ, Jitka, ČERNOCHOVÁ, Miroslava, RAMBOUSEK, Vladimír. *Metodické pokyny pro zpracování diplomových prací* [online]. 2007 [cit. 2008-10-05]. Dostupný z WWW: <http://it.pedf.cuni.cz/metodika/ index.php>.

ALDEBARAN [online]. 2002 [cit. 2008-10-22]. Dostupný z WWW: <http://www.aldebaran.cz/famous/people/ Pythagoras.html>.

ALDEBARAN [online]. 2002 [cit. 2008-10-22]. Dostupný z WWW: <http://www.aldebaran.cz/famous/people/ Euklides.html>.

ANTIKA.avonet.cz [online]. c2004 [cit. 2008-10-27]. Dostupný z WWW: <http://antika.avonet.cz/article.php?ID=1304>.

Dimenze 3 [online]. c2006-2008 [cit . 2008-10-20]. Dostupný z WWW: <http://www.dimenze3.cz/view.php?nazevclanku=zlaty-rez-rozsireni-clanku-kompozice&cisloclanku=2007080002 >.

Galerie umění Artchiv [online]. c1999-2009 [cit. 2008-10-20]. Dostupný z WWW: <http://www.artchiv.cz/GALERIE/OBRAZ/10013--Leonardo-da-Vinci--Posledni-vecere.html>.

Vk tv studio [online]. [2007-] [cit. 2008-10-15]. Dostupný z WWW: <http://www.vk-tv-studio.estranky.cz/clanky/nataceni-filmu---obecne-zasady/kompozice-obrazu---zlaty-rez>.

Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Leonardo Fibonacci [online]. c2009 [cit. 29. 03. 2009]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Leonardo_Fibonacci&oldid=3777339>

Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Thalés z Milétu [online]. c2009 [cit. 22. 10. 2009]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Thal%C3%A9s_z_Mil%C3%A9tu&oldid=3601974>