

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Leonardo da Vinci a jeho vliv na  
konstrukční vědy

bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. David Herák, Ph.D.

Autor bakalářské práce: Michal Janča

PRAHA 2012

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra mechaniky a strojnictví

Technická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Janča Michal

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Leonardo da Vinci a jeho vliv na konstrukční vědy**

Anglický název

**Leonardo da Vinci and his influence on the design science**

---

### Cíle práce

Cílem bakalářské práce je popsat vliv Leonarda Da Vinciho na konstrukční proces a stanovit zásadní teorie, konstrukce a vynálezy, jež ovlivnily vývoj procesu konstruování.

### Metodika

Student popíše ve své bakalářské práci vliv Leonarda Da Vinciho na konstrukční proces a stanoví zásadní teorie, konstrukce a vynálezy, jež ovlivnily vývoj procesu konstruování a příbuzných vědních oborů.

### Osnova práce

1. Úvod
2. Leonardo Da Vinci
3. Zásadní teorie, konstrukce a vynálezy
4. Diskuze
5. Závěr

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Leonardo da Vinci a jeho vliv na konstrukční vědy“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Davida Heráka, Ph.D. a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příloženém seznamu. Dále prohlašuji, že elektronická forma je shodná s formou tištěnou a nemám námitek proti půjčování nebo zveřejňování mé bakalářské práce nebo jejích částí se souhlasem katedry.

V Praze, dne

.....

.....

Michal Janča

## Poděkování

**Doc. Ing. Davidu Herákovi, Ph.D.**, vedoucímu bakalářské práce, za odborné konzultace, věcné připomínky a pomoc při řešení a zpracování práce.

**Ing. Eduardu Jančovi, Ph.D. MBA**, svému bratru, za trpělivou pomoc a nenahraditelné rady při zpracování bakalářské práce.

V neposlední řadě **děkuji svým rodičům** za jejich trpělivost, obětavost a vytvoření dobrých podmínek po celou dobu mého studia na vysoké škole.

V Praze, dne

.....

.....

Michal Janča



**Abstrakt:**

Cílem této bakalářské práce je popsat vliv Leonarda da Vinci na konstrukční vědy.

Práce seznamuje čtenáře nejen s vědcem, ale i s Leonardovým životem a jeho rozmanitostí.

Moderní lidstvo si prakticky neuvědomuje přínos Leonarda da Vinci. On nebyl jen stvořitelem Mony Lisy, ale i vědcem, architektem, inženýrem, vynálezcem a filozofem. Také se zabýval anatomií člověka.

Bakalářská práce seznamuje čtenáře s jeho vynálezy, které jsou konstrukčně možné, nemožné a využívané v běžném životě.

**Klíčová slova:**

Leonardo da Vinci, mechanika, fyzika, mechanismus, části strojů, pružnost a pevnost.

**Leonardo da Vinci and his influence on the design science****Summary:**

The objective of this thesis is to describe the impact of Leonardo da Vinci on design science.

The readers are acquainted with Leonardo's science profile, but also with his varied life. Modern society is practically unaware of the contribution of Leonardo Da Vinci. He was not only the creator of the Mona Lisa, but also a scientist, architect, engineer, inventor and philosopher. He was also concerned about human anatomy.

The bachelor thesis is focused on informing the reader about Leonardo's inventions, which are structurally either possible or impossible, and used in everyday life.

**Key words:**

Leonardo da Vinci, mechanics, physics, mechanism, machine parts, flexibility and strength.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>1</b>
	1.1 Cíl práce .....	1
	1.2 Metodika práce .....	1
<b>2</b>	<b>Životopis Leonarda da Vinci.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Mezníky v životě Leonarda da Vinciho .....</b>	<b>5</b>
	3.1 Filippo Brunelleschi (1377-1446) .....	5
	3.2 Leon Battista Alberti (1404-1472) .....	5
	3.3 Andrea del Verrocchio (1436-1488) .....	6
	3.4 Mariano di Jacopo, Francesco di Giorgio Martini a Roberto Valturia.....	7
<b>4</b>	<b>Konstrukční nápady Leonarda da Vinci .....</b>	<b>8</b>
	4.1 Stroje na létání.....	9
	4.1.1 Zařízení s mechanickými křídly .....	10
	4.1.2 Umělé křídlo .....	10
	4.1.3 Vzdušný šroub .....	12
	4.1.4 Létací stroj .....	13
	4.1.5 Členěná mechanická křídla.....	14
	4.2 Válečné stroje .....	15
	4.2.1 Ručnice .....	15
	4.2.2 Varhanová děla .....	16
	4.2.3 Rozkládací dělo .....	17
	4.2.4 Obrněný vůz .....	18
	4.2.5 Vícenásobný moždíř .....	19
	4.2.6 Obří kuše .....	20
	4.3 Vodní stroje a zařízení.....	20
	4.3.1 Kolesová loď .....	21
	4.3.2 Otočný most.....	21

4.3.3	Vodní bagr .....	22
4.4	Ostatní stroje a zařízení .....	23
4.4.1	Zařízení pro převod střídavého pohybu.....	23
4.4.2	Jeřáb na hloubení kanálů .....	24
4.4.3	Tiskařský lis.....	24
4.4.4	Kružidlo.....	25
<b>5</b>	<b>Vliv mistra Leonarda nad osudy lidí.....</b>	<b>26</b>
5.1	Leonardovi učenci .....	26
5.1.1	Giovanni Antonio Boltraffio (1466 – 1516).....	26
5.1.2	Francesco Melzi (1491-1570).....	27
5.1.3	František I. (1494-1547).....	27
5.2	Leonardovi současníci.....	27
5.2.1	Niccolo Tartaglio (1499-1552).....	27
5.2.2	Girolamo Cardano (1501-1576) .....	27
5.2.3	Giovanni Battista Benedetti (1530-1590).....	28
5.2.4	Filippino Lippi (1457-1504).....	28
<b>6</b>	<b>Leonardovy největší zásluhy v oblastech fyziky .....</b>	<b>29</b>
6.1	Zásluhy o hydrauliku a hydrostatiku .....	29
6.2	Příspěvek k Archimédově nauce o těžišti .....	29
6.3	Statika, dynamika a optika .....	30
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>31</b>
	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>32</b>
	<b>Seznam internetových odkazů .....</b>	<b>33</b>
	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>34</b>
	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>35</b>

## **1 Úvod**

Vybrané téma je pro zadání bakalářské práce neobvyklé, ale o to zajímavější. Čtenářům otevře pohled na mistra Leonarda a jeho přínos do konstrukčních věd. V podvědomí většiny populace je Leonardo známý jako umělec a jeho vliv na konstrukční procesy je málo vnímaný. V současnosti je méně známý fakt, že se za svého života převážně zabýval fyziologií, botanikou, optikou, hydraulikou, akustikou, astronomií, matematikou, chemií, aerodynamikou, geologií, anatomií, paleontologií a kartografií.

Nelze jednoznačně určit, zda byl Leonardo více malířem, či vědcem a konstruktérem. Leonardo byl umělecky a malířsky velice zručný, čehož využíval i při své vědecké činnosti. Nebýt této geniality, kdy kreslil přesně a rychle na papír to, co si myslel a viděl, nemohl by nikdy dojít ke genialitě v konstrukčních vědách. V dnešní době využíváme plno moderních technologií, kdežto on měl v jeho době k dispozici pouze tužku a papír. Dokázal například zachytit pohyb letícího ptáka tak přesně, že do doby vynálezu fotografie se mu nikdo nevyrovnal.

Sám Leonardo to považoval za umění i vědu. Z toho pak vycházejí jeho nesčetné vynálezy a nápady. Například už zmíněný let ptáků ho přiváděl na myšlenky vynálezů různých typů létajících strojů, které se opíraly o správné aerodynamické principy.

### **1.1 Cíl práce**

Cílem bakalářské práce je popsat vliv Leonarda da Vinciho na konstrukční proces a stanovit zásadní teorie, konstrukce a vynálezy, jež ovlivnily vývoj procesu konstruování.

### **1.2 Metodika práce**

Student popíše ve své bakalářské práci vliv Leonarda da Vinciho na konstrukční proces a stanoví zásadní teorie, konstrukce a vynálezy, jež ovlivnily vývoj procesu konstruování a příbuzných vědních oborů.

Prvním krokem ke splnění cíle bylo nastudování odborné literatury zaměřené zejména na oblast historie fyziky a Leonardovy vynálezy. Použity byly také údaje z internetových zdrojů, které pomohly objasnit drobné problémy. Z těchto informací byla vytvořena literární rešerše.

## **2 Životopis Leonarda da Vinci**

Leonardo da Vinci se narodil jako nemanželský syn pětadvacetiletého notáře Piera da Vinci a prosté venkovanky Catariny 15. dubna 1452 ve vesnici Anchiano poblíž severoitalského města Vinci mezi Florencií a Pisou. Tam i žil u své matky, ale později ho začal vychovávat jeho dědeček Antonio a macecha Albiera ve Vinci, kteří ho zahrnovali láskou a důkladnou péčí. Jeho otec Piero měl totiž legitimní děti až se svou třetí a čtvrtou manželkou. Do Florencie ke svému otci a jeho druhé ženě odešel Leonardo (tak byl pokřtěn) v roce 1466, aby mohl rozvíjet své výtvarné nadání. Zasloužil se o to Pierův přítel, vynikající malíř a sochař, Andrea del Verrocchio.

Z této doby pochází nejstarší Leonardovo dílo – anděl na levé straně obrazu *Křest Kristův* (Příloha č. 1), který namaloval Verrocchio pro florentský klášter San Salvi spolu se svými uční v letech 1470 až 1476 (Kraus, 2007). Když Verrocchio uviděl Leonardovu práci, řekl si, že žák překonal učitele a nikdy v životě už nevzal štětec do ruky.

Obr. 1 - Leonardo da Vinci



Zdroj:  
<http://www.mladyvedec.sk>

Kvalifikovaným a způsobilým florentským malířem se stal ve dvaceti letech, nicméně jeho zájem nebyl jen v umění, ale ve všech oborech, kde mohl uplatnit kresbu. Kreslil plány budov, mlýnů a jiných zařízení poháněných vodní silou. Navrhoval, jak pomoci pák, hřídelí a šroubů zvedat a přenášet těžká břemena, jak srovnávat a prokopávat hory, jak čistit přístavy a čerpat pumpami vodu z nízko položených míst. Měl například představu, že je možné kostel San Giovanni ve Florencii zvednout a postavit pod něj schody, aniž by se stavba zřítla.

Když mu bylo třicet let, pozval si ho k sobě milánský vévoda Lodovico Sforza, u kterého plnil povinnosti dvorního malíře, koncertoval na lyru a šest let připravoval bronzovou jezdeckou sochu Lodovikova otce Francesca. Krátce po tom, kdy vstoupil do vévodových služeb, začal Leonardo se systematickým studiem anatomie, aerodynamiky, meteorologie, astronomie, fyziky a kosmografie.

Za téměř dvě desetiletí na milánském dvoře Leonardo zpracoval desítky návrhů na zdokonalení používané vojenské techniky, nebo na zbraně nové. Dochovaly se Leonardovy nákresy katapultů, pušek, krytého válečného stroje (předchůdce tanku), desetihlavňového

děla, obrovského mozdíře, jehož šrapnelové granáty vybuchnou a smrtící úlomky se rozletí na všechny strany, mechanického luku schopného vymrstit na velkou vzdálenost hořící střely, útočného plavidla, plovoucího beranidla, potápěčských obleků a zařízení pro ničení nepřátelských lodí jejich prorážením pod čarou ponoru.

V první polovině osmdesátých let patnáctého století projektoval přestavbu Milána na město o dvou úrovních. První z nich tvořily ulice, které byly pro vozy, zvířata nebo občany z nižších tříd. Druhou vrchní úroveň tvořily promenády a visuté zahrady. Ta sloužila šlechtě. Obě podlaží spojovala četná schodiště ve tvaru spirály, protože Leonardo odmítal tradiční řešení s rohy a kouty. Měl za to, že do takových míst lidé často odkládali odpadky.

V roce 1499 se Leonardo po zastávkách v Mantově a v Benátkách vrací do Florencie, protože z Milána byli Sforzové vypuzeni. Šíře jeho zájmů byla obdivuhodná: pro dílo matematika Paccioliho o architektuře kreslil ilustrace, v nemocnici Panny Marie prováděl anatomická studia (kreslil části lidského těla v jejich řezu, studoval krevní a nervový systém), zabýval se regulací řeky Arno (zajištění její splavnosti z Florencie do Pisy) a ve funkci inspektora vojenských staveb doprovázel Cesara Borgiu na válečných výpravách po Itálii (Kraus, 2007). Z té doby se zachovala jeho mapa části Toskánska, která je znázorněná z ptáčích perspektivy a návrh vlnolamu určeného pro strategicky významný přístav Piombio, kde se vykládala železná ruda dovážená z Elby. Ze služeb Cesara Borgiu odešel na jaře roku 1503. Právě z tohoto období je datováno Leonardovo jedno z nejznámějších děl, *Mona Lisa*, údajný portrét manželky florentského obchodníka s hedvábím Francesca del Gioconda, a návrh rozměrné fresky Bitva u *Anghiari*, která měla zdobit velkou zasedací síň florentské signorie (Kraus, 2007).

Z Florencie do Milána se přesouvá Leonardo uprostřed roku 1506 ve svém životě podruhé. Stal se přítelem, placeným osobním malířem a inženýrem francouzského krále Ludvíka XII., jenž potkal Leonarda v červenci 1507 při návštěvě Milána. Z tohoto období se zachovalo nesmírné množství botanických studií a plány vily pro francouzského správce města Charlese d'Amboise. V její zahradě byla kromě systému rozvodu vody, sloužícího k osvěžení hostů, a divadla projektována také zastřešená oranžerie, která byla vyhřívána za zimních měsíců teplým vzduchem.

Od konce roku 1513 žil Leonardo v Římě. Za jeho života byli ve velké oblibě malíři Raffael nebo Michelangelo a Leonardo tak neprožíval příliš povedenou malířskou kariéru.

Pravé ocenění jeho uměleckých děl přišlo až v 19. a 20. století (Day, McNeil, 1996). Díky papežskému povolení provádět pitvy však mohl pokračovat ve svých anatomických studiích nebo přemýšlet o odvodnění bažin kolem Říma. Zabýval se také záležitostmi v té době užitečnými, např. navrhl stáj pro koně Giuliana Medicejského, vyráběl zrcadla, vymyslel stroj na ražbu mincí, připravoval různé směsi ředidel a barev, pomáhal při zařizování botanické zahrady.

Leonardo se v roce 1516 na pozvání dvaadvacetiletého krále Františka I. (nástupce Ludvíka XII.) odebrá do Francie. Byl přivítán titulem *nejlepší malíř, inženýr a architekt krále a technik státu Francie*, král mu nabídl penzi se zámečkem s ateliérem v Coux (v údolí Loiry nedaleko Amboise). Leonardo navrhoval systémy kanálů nebo předložil plán nové královské rezidence.

Na jaře roku 1519 nechal sepsat královským notářem svojí poslední vůli. Zemřel 2. května roku 1519 na zámečku v Cloux. V hodině jeho smrti s ním údajně byl sám král František I. Do napoleonských válek byly Leonardovy ostatky umístěny v klášteře San Florentine v Amboise. Další osud Leonardových tělesných ostatků velkého génia je dosud neznámý (Kraus, 2007).

### **3 Mezníky v životě Leonarda da Vinciho**

Renesance – období, které trvalo od začátku století patnáctého do konce šestnáctého – byla na rozhraní mezi středověkem a moderním světem. V době Leonardova mládí ovládalo svět ještě středověké myšlení. Moderní pojetí vědy v podobě systematického empirického získávání znalostí o světě ještě neexistovalo. Veškeré vědomosti o přírodních jevech, ty správné i nesprávné, byly přebírány od Aristotela a ostatních starověkých filozofů. Vědecké experimenty byly úřady zakázány, protože to považovaly za útoky na aristotelskou vědu a na církev.

#### **3.1 Filippo Brunelleschi (1377-1446)**

Byl velkým renesančním architektem, který se vyučil zlatníkem. Ve Florencii se prosadil jako sochař a později, již jako slavný architekt, se také proslavil jako stavební a vojenský inženýr. Zemřel šest let před Leonardovým narozením. Mladý Leonardo jeho práci obdivoval a svoji úctu k tomuto architektovi vyjádřil například nakreslením několika jeho slavných zvedacích strojů a plánů.

Brunelleschi zemřel dříve, než mohl dokončit pozlacenou měděnou kouli s průměrem 2,5 metru, která měla být umístěna i s křížem na vrchol jeho mramorové kopule. Přiletovaná měla být pomocí parabolických zrcadel. Tuto zakázku o několik let později dostává Verrocchiova dílna, ve které už mladý Leonardo pracoval. Brunelleschi zanechal podrobné plány o tom, jak má jeho dílo vypadat, a tak se Verrocchio ujal této realizace a Leonardo pak po tři roky pracoval na dokončení tohoto díla. Leonardo měl za úkol na tomto projektu namalovat jeřáb, který vyzvedne kouli.

#### **3.2 Leon Battista Alberti (1404-1472)**

Byl slavným architektem, malířem a sportovcem. Psal prózy v latině, studoval právo, ale také fyziku a matematiku. Alberti uchvátil mladého Leonarda, který jeho díla četl. Doplňoval je i poznámkami o svém vlastním životě a svým dílem se mu snažil vyrovnat. To se Leonardovi povedlo, dokonce ve své dospělosti Albertiho překonal.

Alberti společně s Brunelleschim zavedli na počátku patnáctého století lineární perspektivu jako matematickou metodu pro přenesení trojrozměrných obrazů na dvourozměrnou plochu. Alberti měl představu, že obraz budí dojem okna, kterým umělec



pohlíží na okolní svět. Se vzrůstající vzdáleností se všechny předměty na obraze mají zmenšovat a zorné linie tak sbíhat v jediném „ústředním bodě“ (tomu se později začalo říkat bod úběžný), jenž odpovídá divákově pevnému zornému oku.

Podle Albertiho měla vzniknout iluze spojitosti mezi prostorem diváka a prostorem imaginárním tím, že geometrický horizont obrazu musí ležet v úrovni oka. Ovšem obrazy a fresky bývaly nejčastěji umísťovány do výšek, ve kterých je diváci nemohli sledovat z místa, aby tato iluze mohla fungovat. Albertiho iluze se ruší i v momentu, kdy je divák v pohybu a prohlíží si dílo z různých úhlů, protože zorný bod leží před úběžníkem.

Leonardo na začátku své kariéry dokázal s velkou dovedností využít Albertiho pravidel perspektivy k zavedení radikálních zdokonalení do umění vědecké ilustrace. Brzy si však ve svém bádání uvědomil, že tato pravidla jej při malování obrazů omezují a jsou značně rozporuplná. Albertiho předpoklad o teorii perspektivy, kdy linie všech vizuálních jehlanů se sbíhají v jediném matematickém bodu uvnitř oka, chtěl Leonardo zdokonalit, a tak ji zpochybnil. Celé to zdůvodnil tím, že „kdyby se všechny obrazy, které vstupují do oka, sbíhaly v jeden matematický bod, o němž je prokázáno, že je nedělitelný, pak by se všechny viditelné věci světajevily jako jedna věc, a tato věc by byla nedělitelná“. (Capra, 2009)

Leonardo se místo této teorie pustil do studia skutečné fyziologie zrakového vnímání. Tvrdil, že „Perspektiva není ničím jiným než důkladnou znalostí funkce oka.“. Počítal s tím, že přirozené vidění je binokulární – je to vidění, které vzniká ve dvojici pohyblivých očí, nikoli v jediném pevném oku Albertiho geometrie (Capra, 2009). Důkladně prozkoumal skutečné dráhy všech smyslových vjemů a bral v úvahu, jak ovlivňují atmosférické podmínky zrakové vnímání.

### **3.3 Andrea del Verrocchio (1436-1488)**

K Verrocchiovovi, který používal jméno Andrea di Cione, všestrannému věhlasnému zlatníkovi, sochaři, malíři a konstruktérovi přišel do učení v roce 1466. Jeho dílna platila ze všech florentských dílen jako ta nejprestižnější s nejlepšími kontakty. Verrocchio při spatření Leonardových raných kreseb byl uchvácen a přál si ho mít za svého učně. Sám Verrocchio byl skvělý učitel, měl dobrou pověst a o zakázky neměl nouzi. Leonardo tak dostával kvalitního vedení a dobrých základů do života.

V jeho učení strávil Leonardo dvanáct let a dostával striktní učňovskou výuku. Seznamoval se s materiály, kreslířskými metodami, a také se naučil jak vyrábět pomocné nástroje nebo míchat barvy. Zároveň zde nabył po každodenních diskuzích mnoha nových myšlenek, protože dílnu navštěvovali filozofové nebo písaři, kteří vždy přišli s novými informacemi.

Jednou z mnoha naučených věcí, které se Leonardo u Verrocchio učil, byly takzvané pracovní sešity, jež si museli vést všichni učni. Ty přitom měly na Leonarda významný vliv, protože šlo o deník, do kterého si všichni zaznamenávali technické postupy, pokyny, úvahy, řešení různých problémů nebo své nápady a myšlenky v jakékoliv podobě. Sešity tak sloužily učňům k zaznamenávání denního přehledu o všech činnostech, které museli vykonávat v dílně i mimo ni. Právě tento znak je rozpoznatelný i na mnoha Leonardových zápisnicích, kde jsou jeho poznámky a kresby všemožně nahromaděné a neuspořádané (viz. Příloha č. 2).

Tato léta byla pro Leonardův rozvoj naprosto klíčová. Pobyt ve Verrocchiově společnosti Leonarda výrazně ovlivnil v pozdější práci a přístupu ke vědě a umění.

### **3.4 Mariano di Jacopo, Francesco di Giorgio Martini a Roberto Valturia**

První dva byli florentští inženýři, kteří se zabývali studiem válečných strojů. Mladý Leonardo byl dobře seznámen s tím, co už bylo v tomto oboru vynalezeno, a zejména mezi pobytem ve Florencii a prvními léty pobytu v Miláně byl tímto značně ovlivněn. Svoji práci zakládal na poznacích ostatních inženýrů. Například Leonardovy návrhy na zařízení určených k usnadnění překonávání hradeb pevností. Ta vycházejí z velké části z návrhů ostatních inženýrů. Zároveň s nimi klade obrovskou důvěru obrazům, jako sdělovacím prostředkům. Leonardo na rozdíl od nich používá obrazy jako hlavní části návrhů, ale oni jako doplňující části textu. Jejich pojetí nese typické rysy renesance: „válka, to nebylo jen konkrétní válečné umění provozované na bitevních polích, ale také kulturní událost“. Roberto Valturia, humanista, sepsal o vojenském inženýrství vele úspěšnou knihu, z které si Leonardo dělal zápisky, pod názvem *De re militari*.

## **4 Konstrukční nápady Leonarda da Vinci**

Leonardo da Vinci svůj život prožil vynalézáním, zdokonalováním, vymyšlením možného a nemožného prakticky ve všech odvětvích, která ho napadala. Da Vinci stvořil stovky návrhů, mnohé z nich nikdy nespátřily světlo světa, mnohé z nich zůstaly jen v jeho hlavě, některé naopak v dnešním světě využíváme prakticky denně a ani si to neuvědomujeme. V náčrtnících Leonarda da Vinci najdeme i několik návrhů perpetuum mobile (Houdek, Tůma, 2002). Jedná se o stroje, které by měly pracovat bez potřeby energie věčně. Z pravidla se jednalo o různé velikosti kol, ve kterých obíhají těžké kuličky.

Mnohé Leonardovy nápady zůstaly na dlouhá léta zapomenuty a až postupem času je někdo objevuje, zdokonaluje, nebo je opětovně sestavuje. Mnohdy jeho vynálezy čekaly na své zkonstruování desítky až stovky let. Krásný příklad toho je dnes hojně používané kolo. Jak uvádí Houdek a Tůma (2002), náčrty dvoukolky neboli bicyklu se najdou i s poznámkami v listech deníku Leonarda. Měl mít dvě kola, sedlo, řídítka, a ač to zní neuvěřitelně, i šlapací pedály pohánějící řetězovým převodem zadní kolo. Ale vynález prvního kola měl na svědomí o několik staletí později v roce 1813 Němec Karl Friedrich Drais.

Houdek a Tůma (2002) dále uvádějí, že Leonardo da Vinci byl zřejmě prvním, který použil ve svých návrzích ložisko s kuličkami oddělenými od sebe kotouči, které mělo umožnit otáčení těžké věže mlýnů s větrným kolem proti větru. Tento objev učinili vědci v roce 1965, kdy objevili Leonardovy náčrty z Madridu.

Na těchto pár příkladech můžeme vidět mistrovu genialitu, která mu dovoľovala provádět vynálezy naprosto mimo chápání tehdejších lidí. Nicméně velké množství jeho vynálezů, ať sebevíce dokonalých, nebyly a nejsou schopny fungování. Leonardo měl snahu vždy něco zdokonalovat, snažil se vymyšlet nové postupy a občas z toho vzniklo geniální dílo a mnohdy zase naprosto neužitečná věc. Bohužel zde není prostor představit všechna mistrova díla, která by přiblížila obraz jeho geniality. Leonardo oplýval velikými znalostmi o konstrukčních materiálech, odhadech proporcí, pnutí a tlaků v konstrukcích, dřevěných trámů, geometrickými zákonitostmi. Jeho schopnost zakreslit většinu součástí konečné verze nemá v tehdejší době obdoby. Všechny tyto znalosti i dovednosti u svých návrhů uplatňuje.

#### 4.1 Stroje na létání

Nejprve si musíme uvědomit, že i Leonardovi předchůdci pomýšleli na let s člověkem. Kromě mnohých empirických pokusů, o kterých se dochovaly zmínky, a které nejsou z vědeckého hlediska významné, musí být zde připomenut Roger Bacon, který ve 13. století tvrdil, že člověk je schopen létat s mechanickými křídly. Leonardo tuto myšlenku převzal a vědecky ji rozvinul. Jeho známé studie dokonce obsahují více než 150 návrhů zařízení, strojů nebo částí strojů různých druhů, včetně padáku, vzdušného šroubu, nebo vrtule (Noccoli, 2003). Asi největšího omylu se Leonardo u svých nápadů dopustil, když si myslel, že k pohonu stroje stačí lidská síla svalů. I přes tento Leonardův omyl lze podle Noccoliho (2003) právě Leonarda považovat za duchovního otce letectví.

V osmdesátých a devadesátých letech 15. století Leonardo při návrzích leteckých strojů vychází hlavně z anatomie těla člověka a mechaniky (studium vah, pohybu). Zabýval se studiem dynamických a kinematických vlastností pohybu. Leonardo tak zkoumal a měřil dynamický potenciál lidského těla. Leonardo v tomto období vymýšlel u svých strojů složité mechanické systémy, aby co nejlépe využil dynamického potenciálu těla pilota.

Na počátku 16. století se příroda, zoologie a přirozený let ptáků stává pro Leonarda opět důležitý. Z tohoto období pochází kodex „*O letu ptáků*“, který je jedním z mála jeho rukopisů věnovaný jednomu tématu. Pojednává o letu přirozenému a letu s použitím létajícího stroje. Zabývá se zde technikami letu ptáků, anatomickými i aerodynamickými zákony a návrhy na sestavení takovýchto modelů. Leonardo byl pevně přesvědčen, že je člověk schopen let ptáků napodobit. Let a stavbu těla ptáků studoval mnohokrát, aby pochopil podstatu síly, která je dnes známá jako vztlaková. Přemýšlel o létání s větrem v zádech. Závěrečné pojednání o získaných zkušenostech zůstalo bohužel pouze v jeho představách. Víme jen, že mělo mít čtyři části: *o letu pomocí mávání křídly, o letu bez mávání s využitím větru, o létání ptáků, netopýrů, ryb hmyzu a jiných živočichů a o letu pomocí mechanismů* (Kraus, 2003).

V posledním období jeho života nejvíce upírá své úvahy na aerostatický let. Ubývá návrhů na stroje, naopak se zvyšuje počet teoretických úvah. Také nastudoval akrobatické pohyby ptáků, aby mohl navrhovat létací stroje, ale snažil se pochopit zákony o proudění vzduchu a větry. V jeho denících jsou kromě létacích aparátů i nákresy padáku (viz. Příloha č. 2), velkého stanu, s nímž může člověk skočit z libovolné výšky, aniž by si nějak ublížil,

a zařízení s rychle rotujícím velkým šroubem, který se zavrtává do vzduchu a tím vynese člověka vzhůru (viz. Příloha č. 3).

#### *4.1.1 Zařízení s mechanickými křídly*

Tento návrh vytvořil přibližně kolem roku 1482. Na obrázku č. 2, kde je vyobrazen model podle Leonardových náčrtků, můžeme vidět mechanické křídlo složené ze dvou částí, vnitřní a vnější. Když je při mávání křídly vnější část nahoře, vnitřní zůstává dole a nese letící stroj. Křídlo se v těchto místech ohýbá za působení úhelníkového zařízení. Když se mechanismus uvede do provozu, vnitřní část by měla klesnout směrem dolů a vnější část se bude pohybovat opačným směrem.

Obr. 2 - Zařízení s mechanickými křídly



Zdroj: Leonardo's Machines

Podstatnou částí tohoto modelu je hnací mechanismus. Jedná se o složitý nástroj, při jehož kreslení měl i Leonardo pochybnosti. Vyplývá to z jeho náčrtů technických řešení, kde vydatně škrтал. Ve výsledné podobě jde o dvojitý šnek, který je uváděn do chodu pákou a rozpohybuje celé křídlo.

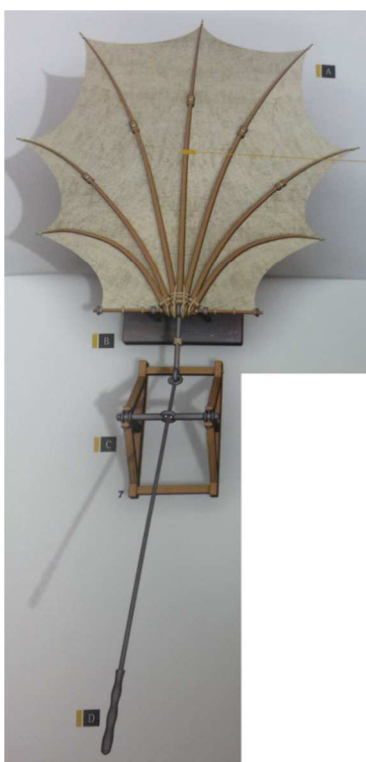
Výsledný pohyb křídla je dosažen kvůli nepřetržitému pohybu páky. Křídlo se chová velmi podobně, jako ptačí mávání křídly. Vnější části opisují delší a tvarově odlišnou dráhu ve srovnání s částí vnitřní, která se připojuje k tělu. Křídla se vlastně skládají

#### *4.1.2 Umělé křídlo*

Leonardo se u tohoto modelu domnívá, že vzduch je na rozdíl od vody stlačitelný. Člověk ve stlačeném vzduchu křídlem stroje by se mohl udržet ve vzduchu, podobně jako

když plave ve vodě. Musí ale mávat dostatečně rychle, aby se stlačený vzduch nestihl dostat do okolí. Problém rychlosti souvisel s dynamikou a se silou, kterou je člověk schopen vytvořit. Podle zápisků navrhuje vyzkoušet schopnost lidského těla a křídla zvednout závaží o hmotnosti 200 liber (přibližně 68 kilogramů). Byl to pokus, který Leonardo možná opravdu uskutečnil.

Obr. 3 - Umělé křídlo



Leonardův náčrtek zobrazuje jak stavbu zařízení, tak i dynamické hledisko. Osa, kterou člověk uvádí do pohybu, je zobrazena v nejvyšší možné a chronologicky dřívější poloze. Čáry okolo vnějších okrajů křídla naznačují, jak se bude prohnutí profilu křídla měnit. Čáry dále zachycují chvějící se vzduch, který křídlo stlačuje.

Leonardovo křídlo mělo vlastně dvojí účel. Zaprvé zjistit, zdali má člověk takovou sílu, aby zvednul zátěž o hmotnosti 68 kg, a také správnou konstrukci křídla. Váha 68 kg nahrazovala zátěž samotného létajícího stroje a hmotnost člověka, jenž bude stroj řídit během letu. Toto křídlo nepředstavuje skutečný létající stroj, ale pouze pokusný model, který se podobá vějíři. V případě, kdy lidská síla a pohon byly dostatečné, závaží se zvedlo ze země. Dokazovalo to správný tvar křídla. Člověk ovládající křídlo musel rychlým máváním udržet závaží ve vzduchu.

Zdroj: Leonardo's Machines

Nosná konstrukce byla jednoduchá dřevěná koza se střední osou z kovu, aby vydržela značnou sílu a rychlost opakujících se pohybů páky vykonávaných člověkem. Musela být i dostatečně dlouhá, aby se s křídlem dalo snadněji pohybovat.

Konce křídel se ohýbaly díky lanu, které převádělo pohyb páky přes kladku a přenášelo ho na konce výztuží. Toto bylo použito na jednom křídle celkem sedmkrát a podstatně to zvýšilo váhu celé konstrukce. Páka hýbala s celým zařízením a ovládala všech sedm lan, jimiž se ohýbala všechna vnější kloubní spojení. Tento systém měl za účel rychleji nabírat vzduch, nicméně to znamenalo také větší hmotnost zařízení.

### 4.1.3 Vzdušný šroub

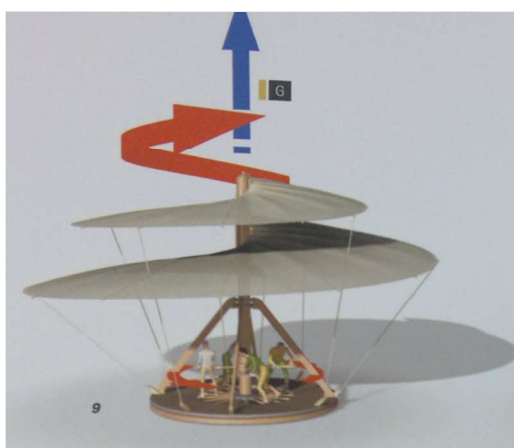
Kolmý start, přistání i vis ve vzduchu byly známy v Evropě již od 14. století díky hračce, která původně pocházela z Číny (Noccoli, 2003). Byla to hračka, která dokonce byla založena na principu helikoptéry, kdy horní část hračky tvořily kožené listy a při trhnutí za provázek se vznesla kolmo vzhůru.

Jestli-že se toto zařízení začalo otáčet, mělo letět. Leonardo přichází na myšlenku vzdušného šroubu právě kolem roku 1480, kdy objevil princip vertikálního vztlaku. Dospěl k závěru, že vzduch je stlačitelný, při působení dostatečné energie. Leonardo si myslel, že vzduch musí mít hmatatelnou hustotu a že zařízení ve tvaru šroubu při rychlém otáčení je schopno od země se odlepit a letět (viz. Příloha č. 3).

Projekt vzdušného šroubu je známý jako vrtulník. Vzhledem ke konstrukčním vlastnostem ve skutečnosti tento stroj nemůže správně fungovat a už vůbec nevyužívá zásad dynamiky jako moderní vrtulníky.

Zařízení se skládá z vodícího drátu, který tvoří tvar šroubovice. Připevněn ke středovému stožáru je pomocí dřevěných paprsků. Pomocí těchto paprsků je možné celý šroub pokrýt látkovým pláštěm a připevnit k ose. Leonardo měl dokonce propracované návrhy tak, že plánoval použít plášť z lněného plátna. Po naškrobení se měla omezit pórovitost tkaniny.

Obr. 4 - Vzdušný šroub



Zdroj: Leonardo's Machines

Zařízení do provozu uváděl otočný mechanismus ovládaný lidmi. Ti měli vyvíjet potřebnou energii, aby mohl šroub využít hustoty vzduchu a od země se odlepit. Z otočného mechanismu vedl středový stožár, na který byl umístěn „létací“ mechanismus, z něhož vedla soustava dřevěných podpěr.

Zde jsou možné dvě varianty fungování stroje. První z nich je, že čtyři lidé uchopí každý jednu část kormidla a nohama rozpohybují část stroje (sami se z místa nehnu). Dochází k otáčení spirály, která po „uchycení“ ve vzduchu začne i s nosnou konstrukcí a otočnou plošinou stoupat. Osoby, které roztočily spirálu, by

společně se středním stožárem zůstaly na zemi. Střední stožár sloužil jen ke startu a udržení správného směru otáčení.

Ve druhé variantě jsou jednotlivé části řešeny jiným způsobem. Čtyři muži jsou k létajícímu stroji připoutáni a při rozpohybování stroje se i sami pohybují, jako na kolotoči. Po vyvinutí určité rychlosti a vzletu šroubu by i zmínění čtyři muži odletěli. Na zemi by pak zůstala pouze plošina, na které muži stáli. Celému zařízení tím pádem chybí plocha, od níž by se dalo odrážet nohama, a tak není možné vyvíjet sílu. Protikladné otáčivé pohyby se přitom vzájemně rušily.

Vrtulníky, které známe dnes, řeší problém stálosti otáčení přidáním malé vrtule na konci ocasu, proto se neotáčejí kolem své osy. Leonardo navrhoval zašroubování, ale moderní stroje využívají princip letu opírající se o nosnost.

#### 4.1.4 Létací stroj

Tento stroj vznikl kolem roku 1490. Jako u jiných projektů z tohoto období, se i zde Leonardo snaží zkombinovat druhy dynamického potenciálu lidského těla a využívat jeho pohybové části. Při konstrukci tohoto stroje nezapomíná na ptačí let. Pilot je ve vodorovné poloze (viz příloha č. 4).

Obr. 5 - Létací stroj I.



Zdroj: Leonardo's Machines

Podle Leonarda všechny zařízení uvádí do pohybu pilot, který působí silou obou nohou na pedál. Ten pohybuje třemi páry lan. První pár lan prochází soustavou kladek a je připevněn na konci křídla. Při zatáhnutí za lano se vnější část křídla složí. Druhý pár lan otáčí křídlem pomocí páky. Lano uvede do pohybu kovový kroužek, který pohne hřídelí připojenou ke křídlu, na to se pak následně převádí otáčivý pohyb. Třetí pár lan díky soustavě kladek vyvolá základní pohyb křídel směrem dolů a nahoru. Díky tomu to připomíná mávání křídel ptáků.



Obr. 6 - Létací stroj II



Zdroj: Leonardo's Machines

Na obrázku č. 5 je znázorněn mechanismus ukazující křídla v horní poloze a na obrázku č. 6 naopak křídla v poloze dolní.

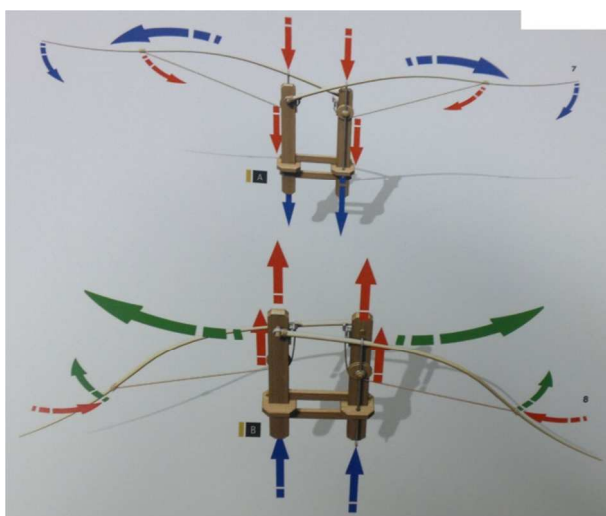
#### 4.1.5 Členěná mechanická křídla

Návrh tohoto mechanického křídla byl vytvořen kolem roku 1494 a je velice vytrvalý. Je to výsledek sjednocení předcházejících návrhů (viz. Příloha č. 5). Křídlo je z mnoha článků, které jsou uváděny do pohybu pomocí soustavy lan. V období, kdy vznikl kodex „O letu ptáků“, dostávají jednotlivé součásti tohoto návrhu i tvary zvířecích kostí, čímž se maximálně inspiruje letem ptáku v otázce lidského létání.

Velikost stroje se pravděpodobně volila tak, aby odpovídala lidskému tělu. Létací stroj byl k tělu připevněn pomocí řemenů a do pohybu byl stroj uváděn pomocí kovových táhel, která měl člověk upevněna na chodidlech a při krčení a napínání nohou je uváděn v činnost. Táhla jsou připevněna pomocí provázků. Člověk by skočil do prostoru a udržel se ve vzduchu

pomocí mávání křídly jako ptáci. Bohužel je tento stroj podle návrhu nepoužitelný a není schopen fungování.

Obr. 7 - Členěná mechanická křídla



Zdroj: Leonardo's Machines

Na obrázku č. 7 je schematicky ukázán princip fungování členěného mechanického křídla ve fázi: skládání - ohýbání a rozkládání - roztahování křídel.

V první části je chod zařízení ve fázi skládání. Když zatáhne obsluha za dvě kovové hřídele směrem dolů, křídlo procházející kroužky na koncích těchto

hřídelí se začne točivě pohybovat směrem dolů. Systém kladek, se kterým jsou kovové hřídele propojeny, prochází lanko, které je připojeno k vnější části křídla. Při pohybu kladek se začne lanko navíjet a koncová část křídla se ohne.

V další fázi se znovu křídlo začne rozkládat a roztahovat podle opačného principu. Kovové hřídele se pohybují směrem nahoru. Křídla procházející kovovými kroužky na hřídelích se znovu otevírají a z kladek se odvíjí lanko, takže tělo křídla se může začít rozkládat.

## **4.2 Válečné stroje**

Leonardo navrhuje stroje tohoto zaměření především v letech 1483-1490, kdy byl poprvé v Miláně a po svém návratu do Florencie, v letech 1502-1504. Milánské návrhy jsou často rozmanité a okázalé, ale většinou za hranicí nemožného. Návrhy z Florencie jsou už střízlivější a hlavně se soustředí na palné zbraně. Do vlastních návrhů přikládal nevšednost. Často navrhoval obří stroje s velikými účinky, které bohužel byly často nemožné sestavit.

Některé stroje, které Leonardo navrhoval na počátku své kariéry, jsou praktické a mohou být i jednoduše a rychle sestrojeny. Jedná se o rozkládající a otáčející se mosty, k rychlým překonáváním vodních toků. Žebříky určené pro útoky na hradby, neobvyklé hroty kopí.

Leonardo se v době množících nepokojů okolo roku 1502 začíná zajímat o střízlivější, promyšlenější a hlavně novátorské vynálezy, oproti těm z Milána. Upouští soustředění od samostřílů nepravděpodobných katapultů a zaměřuje se na novinky, jako jsou stále se rozšiřující palné zbraně. Leonardo se v tímto vynalézání zabývá jak z pohledu obranného, tak i útočného hlediska. Vznikají tak neobvyklé návrhy pevností, jejichž tvar je volen tak, aby nebyly dobře napadnutelné dělostřelectvem. Pevnosti dostaly oblé stěny, které měly oslabit a odrážet výstřely. Dále navrhoval studie děl, kanonů a podobných zbraní. Je až překvapující, s jakou přesností kreslí Leonardo padající střely, kdy detailně popisuje jejich parabolickou dráhu.

### *4.2.1 Ručnice*

Zajímavé je, že tento návrh je v zásadě proveden vizuálním způsobem. Leonardo zde použil metodu průhledného zobrazování, kterou pak bude hojně využívat ve svých anatomických skicích. Použil ji pro zobrazení vyobrazení kola, kde zakreslil pouze pruh

kolem nápravy. Tento průhledný náčrt stačil k tomu, aby byl jasný způsob pohybu stroje, a přitom je stále možno vidět všechny prvky, které ve skutečnosti jsou skryté kolem.

Obr. 8 - Ručnice



Zdroj: Leonardo's Machines

Leonardův návrh je zajímavý nejenom samotným způsobem používání, ale hlavně tím, že rovnou promýšlí i různé varianty téhož stroje. Navrhuje verzi s pevným podstavcem, koly, s krytem nebo bez něho. Touto zbraní mohly být vystřelovány jak železné či kamenné kulky, tak i velké šípy s kovovými hroty.

Pohyb hlavně mohl být svislý i vodorovný. Vodorovná plocha byla poměrně jednoduchá. Žlab podstavce, ve kterém je vložena hlaveň, je spojen s pohyblivou konstrukcí. Ta klouže po zakřivených dřevěných vodicích lištách. Když byla konstrukce dobře promazaná, byla schopna dosáhnout rovnoměrného otáčivého pohybu. Akční rádius dosahoval až 30°.

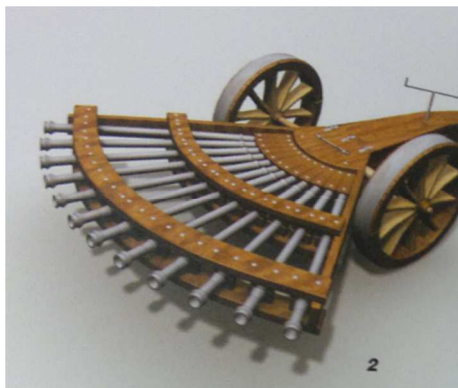
Svislá poloha byla složitější a pohyby nahoru a dolů byly pomalejší. Při nastavování úhlů výšky výstřelu bylo potřeba zvednout celou hlaveň i s konstrukcí, ke které byla připevněna. Na zemi zůstal jen stojan. Ke spojení stojanu s pohyblivou částí sloužil mechanický kloub, což na jednu stranu manipulaci usnadňovalo, nicméně pro zvedání bylo potřeba více osob, než jen osoby jedné. Na zachycení požadované polohy sloužil kovový nebo dřevěný válcový kolík, zvaný svorník. Takto se korigovala délka dostřelu. Zpravidla toto dělala obsluha jako první věc a následné otočení ručnice nebylo tak náročné.

#### 4.2.2 Varhanová děla

Usuzuje se, že tento návrh vznikl kolem roku 1480 ještě za mírné politické situace (Taddei, Zanon, Laurenza, 2006). Mladý Leonardo se už v tomto období údajně zajímal o kreslení zbraní z důvodů, že toužil opustit svoji vlast a chtěl se přidat do služeb nějakého

mocného vládce-válečníka. Proto tyto návrhy používal při pozdějším uplatnění v Miláně jako svoji vizitku.

Obr. 9 - Varhanová děla



Zdroj: Leonardo's Machines

Toto dělo mělo veliký dostřel, ale jde o příliš složitý stroj při nabíjení jak střelami, tak i střelným prachem. Výhodou bylo, že hlavně mohly střílet zvlášť i dohromady. Při nabíjení má obsluha složitý úkol, kdy musí malými dvířky ve střední části děla znovu nabít. Ve vodorovné poloze lze s dělem pohybovat prakticky neomezeně díky kolům. K nastavení úhlu palby sloužil mechanismus s využitím šneku. Klika, která byla umístěna v zadní části šneku, mohla upravovat sklon hlavní.

#### 4.2.3 Rozkládací dělo

Předpokládá se, že původní návrh vytvořil Leonardo ve svém mládí, aby se později, kolem roku 1500, k němu vrátil a svůj raný výtvar vylepšil a zmodernizoval.

Toto zařízení se mělo převážet na poměrně velké vzdálenosti, zároveň mělo být skryto v nenápadné konstrukci. Mezi největší problémy se řadí přemísťování hlavně, její montáž a krytí. K tomu všemu údajně sloužilo několik trámů.

K přepravě celé konstrukce pak slouží oje se čtyřmi rukojeťmi, kterou ovládali čtyři bojovníci. Zabránění pohybu při výstřelu se docílilo tím, že na konci oje u podvozku je zvláštní sloupek, který při přitlačení ojnice pevně k zemi, nadzvednul konstrukci kol tak, že se na kola mohla připevnit pevná břevna, která zabraňovala dělu v pohybu. Leonardo použil u tohoto návrhu nakloněné nápravy, protože věděl, že s jejich přispěním zvýší stabilitu celého zařízení. Bylo to zapotřebí převážně z důvodu toho, že dle velikosti děla byla při výstřelu vyvinuta obrovská síla. Dále byla pro větší stabilitu a lepšího pohybu na kluzkém povrchu kola vybavena železnou obručí s hroty.

Obr. 10 - Rozkládací dělo



Zdroj: Leonardo's Machines

#### 4.2.4 Obrněný vůz

Leonardo měl spolu s dalšími inženýry renesance zvláštní přístup k antickému odkazu. Viděli ve vynálezech z této doby nejen obdiv, ale i touhu o vylepšení a překování původních návrhů. Toto potvrzuje i vynález obrněného vozu, který byl znám už ve středověku. Leonardo tak převzal základní myšlenku a začal se jí zabývat, přepracovávat a doplňovat poznatky své doby. Leonardo zde vymyslel originální hybný mechanismus stroje (zařízení bylo uvedeno do chodu zvířaty nebo lidmi) a navrhl rozmístění jednotlivých hlavních po celém obvodu vozu.

Obr. 11 - Obrněný vůz



Zdroj: <http://www.mladyvedec.sk>

Leonardo použil k tomuto vynálezu dva obrazy. Na jednom z nich zachytil exteriér vozu, na druhém z nich zase interiér. Ten obsahuje i informace o pohonu stroje, soukolích a kolech, díky nimž se celá soustava pohybuje. Jedná se bohužel jen o náčrtek.

Tento neskromný projekt se mohl jen velmi obtížně pohybovat po bitevním poli. Celé to mělo spíše vyvolávat úlek, než být účinně použito v boji. Předpokládá se, že zařízení bylo obsluhováno osmi osobami, které se starali jak o pohyb zařízení, tak

i o ovládání všech děl.

Vůz se pohyboval díky složitému systému klik a ozubených kol, nicméně síla potřebná k pohybu byla neúměrná té, kterou jsou lidé schopni vytvořit. Proto se i zvažovaly možnosti s koněm nebo býkem uvnitř zařízení. Od tohoto záměru Leonardo upustil kvůli stísněnému a uzavřenému prostoru, ve kterém nejsou zvířata dobře ovladatelná.

Mechanismus fungování stroje měl být jednoduchý. Osoby uvedly do pohybu středové kliky a kola se začala točit. Hlavní problémy byly při uvádění stroje do pohybu v malém množství dostupné energie a velikým nepoměrem velikosti a hmotnosti celého zařízení. Výška vozu byla také značná. Do věže stroje se vstupovalo žebříkem a byl z ní dobrý výhled

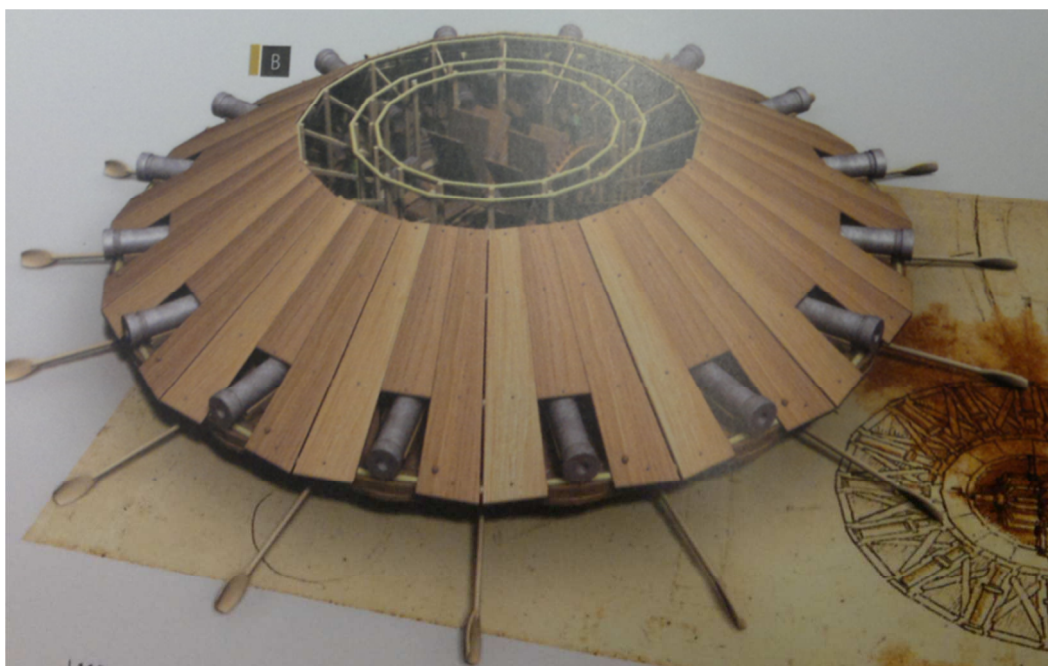
na okolí. Tím šlo poměrně dobře řídit míření a střelbu. Zbraně byly umístěny prakticky dokola, takže pálit se dalo na všechny strany.

#### 4.2.5 Vícenásobný moždíř

Tento vícenásobný moždíř má hlavně uspořádány do kruhu. Leonardo ve svých zápiscích zachycuje tento stroj prakticky půdorysně, aniž by zapomněl na některé součásti. Všechny jsou zřetelně a výrazně zakresleny. Jedná se o naprosto srozumitelný geometrický náčrt (použil mnoha kružnic s vyznačenými průměry).

V minulosti se mělo za to, že stroj byl zamýšlen k umístění na vrchol věže, či jiné stavby, nicméně podle nejnovějších přezkoumání návrhů se zdá být nejpravděpodobnější úvaha, že stroj se mohl pohybovat ve vodě pomocí soustavy pádel. Toto tvrzení podporuje umístění lopatkových koles uprostřed stroje, které by se neuplatnily při umístění na věži. Použití ve vodě je tedy jeden z mnoha možných výkladů.

Obr. 12 - Vícenásobný moždíř



Zdroj: Leonardo's Machines

Na mohutném podstavci je připevněna konstrukce, na kterou je následně umístěn kryt.

K ovládání celého soustrojí slouží mechanismy, které Leonardo umístil do středu moždíře. Díky tomu se toto zařízení s velkou hmotností může pohybovat ve vodě. Celé



zařízení se otáčelo kolem své osy. Dvě osoby točily klikami, které daly do pohybu hnací kolo, a tak se začalo celé zařízení pohybovat.

Téměř s jistotou lze říci, že tento stroj nebyl nikdy sestaven, neboť se jednalo o ekonomicky příliš nákladnou konstrukci. Už jen samotné spuštění do vody by znamenalo složitý a nákladný proces.

#### 4.2.6 *Obří kuše*

Tato obří kuše měla být schopna vymrštít kameny o hmotnosti 30 kg. Leonardo ji navrhuje někdy v letech 1483 – 1484 a používá při ní složité výpočty dynamiky, například proporcionalní studie úrovně síly nezbytné k přesunu určitých předmětů na optimální vzdálenost. Využívá zde nabytých znalostí statiky, mechaniky, která zkoumá podmínky pro působící síly, při nichž je těleso v klidu (Landrus, 2004).

Tento návrh doplnil i vynálezem nazvaným Explodující šíp. Jedná se o zápalný šíp, který má ve dvou rozích hrotu uloženu zápalnou směs v látce. Při zabodnutí hrotu se jeho rohy stlačí k sobě, následuje zapálení střelného prachu a koudele, napuštěného pryskyřicí. Leonardo tento výtvar plánoval používat proti lodím nebo dřevěným baštám.

### 4.3 **Vodní stroje a zařízení**

Studiem vody a vodními stroji s hydraulickými ovládacími prvky Leonardo trávil hodně často. Zabýval se studiem mořských vln a hydraulického inženýrství nejen kvůli osobnímu zájmu, ale především proto, aby vyhověl různým žádostem panovníků, pro které pracoval.

Ve svém mladém věku byl dokonce Leonardo požádán s řešením projektu, kterým bylo splavit řeku Arno z Florencie až do moře. Byl také prvním, kdo se zabýval splavením Arna z Pisy do Florencie pomocí systémů kanálů. V Benátkách například dostal za úkol navrhnout účinný obranný systém, využívající palisády postavené v řece Soče. Následně ve Florencii dostal za úkol přerušit toku řeky Arno, aby se odřízlo vzpurné město Pisa od vody. Mezi další Leonardovi návrhy regulací vodních děl můžeme zde zmínit pokus o regulaci řeky v okolí Florencie. Vodní inženýrství je jednou z nejrozsáhlejších oblastí, ve kterých získával pracovní zakázky.

#### 4.3.1 *Kolesová loď*

Při plavbě po řekách proti proudu nebo umělých kanálech bylo nutné vybavit loď kvalitním pohonným systémem. Leonardo považoval jako nejvhodnější pro tento účel lopatkové koleso, které představovalo náhradní možnost vedle veslování. Celé zařízení fungovalo na opačném principu, než mlýnská kola. Vesla byla nahrazena lopatkovými koly. Sílu potřebnou k pohybu nezpůsobovala tedy sama voda, ale člověk, který působením lopatek proti vodnímu toku překonával sílu opačnou.

Leonardo znal projekt s lopatkovými kolesy už od inženýrů z dřívějších období, ale sám významným způsobem vylepšuje zařízení, které uvádí lopatky do pohybu. Obsluha lodi začne šlapat na jeden z pedálů. To uvede do pohybu řemen, po jehož působení se roztočí střední soukolí, které se otáčí ve směru hodinových ručiček a pohyb převádí na vnitřní kolo jednoho hnacího bloku. Dvě vnitřní pružiny otáčející se ve směru hodinových ručiček zachycují vnější ozubené kolo. To převádí otáčivý pohyb na horní klec, která se roztočí proti směru hodinových ručiček. Tento pohyb je převáděn na jednu z náprav a tak se může jedno lopatkové koleso začít pohybovat proti směru hodinových ručiček. Poté se střídá ve stlačování dvou pedálů.

#### 4.3.2 *Otočný most*

Leonardo se tvorbou mostů a jejich konstruováním zabývá poměrně hojně a jak už je u něj zvykem, používá zde mnoho speciálních vlastností, jako je například pohyblivost, rychlost sestavení a následného rozložení, nebo inovace u použitých materiálů.

U tohoto mostu je zejména důležitá oblast statiky. Celá konstrukce se otáčí kolem svislého šroubu díky zavěšené bedně, která slouží jako protizávaží. Leonardo se zde zaměřuje na statické a dynamické chování těles a aplikuje tak vědu, která byla dříve jen vědou teoretickou, na vědu praktické mechaniky. Most je tvořen jedním obloukem, kdy na jednom konci je upevněn do země mimochodným šroubem, kolem kterého se otáčí. To lze provést díky soustavě lan, kladek a rumpálů. Rumpály slouží k otevírání mostů, kdy navíjí na sebe lano, které je s mostem pevně spojeno. Ke snadnému otevření a určení směru pohybu mostu slouží soustava kladek, které jsou ukotveny na břehu.



Obr. 13 - Otočný most



Zdroj: Leonardo's Machines

Ke vrácení do původní podoby slouží protilehlý rumpál, jenž je od středového kůlu ve větší vzdálenosti, než rumpál první. Aby celá konstrukce mohla v době otevírání a zavírání držet ve vzduchu, počítá Leonardo s bednou naplněnou kameny, která má funkci protizávaží.

#### 4.3.3 Vodní bagr

Tento návrh je určen k odstranění nečistot ze dna kanálů. Je pravděpodobné, že tento stroj vznikl kolem roku 1514 při plánu vysoušení Pontinských močálů. Zde bylo potřeba vyčistit koryto řeky Martino od bahna a následně tuto řeku regulovat pomocí kanálů.

Obr. 14 - Vodní bagr



Zdroj: Leonardo's Machines

a zároveň rypadlové kolo odnášelo ze dna řeky bahno a nečistoty.

#### 4.4 Ostatní stroje a zařízení

Leonardo za svůj život vynalezl spoustu dalších různorodých strojů, které sahaly téměř do všech oborů. Byly to stroje pro metalurgii, zvedání materiálů nebo třeba pro textilní průmysl. Zároveň se snažil o zavedení při vynalézání sjednotit aplikovanou a teoretickou mechaniku. Do jeho doby se teoretické studium statiky, dynamiky a kinematiky vyvíjelo spíše jako abstraktní obor a samostatné navrhování strojů a konstruování bylo založeno na empirických poznatcích.

V Leonardových nákresech se dají spatřit tři různá hlediska. Nejprve jsou zde rozebrány teoretické vlastnosti vynálezů, poté samotné praktické hledisko problému a nakonec je kladen důraz na samotnou estetiku návrhu.

##### 4.4.1 Zařízení pro převod střídavého pohybu

S tímto strojem bylo možno zvedat těžká břemena. Byl tedy velmi žádaný a potřebný. Leonardo vytvářel návrh na převod střídavého pohybu kliky na pohyb plynulý, který je zapotřebí při zdvihání zátěže.

Obr. 15 - Zařízení pro převod střídavého pohybu



Zdroj: Leonardo's Machines

Obsluha zařízení vždy točila střídavě pákou na jednu stranu a pak na druhou a dvě mechanická kola se vždy pootočila o pár stupňů vpřed na jednu stranu. Princip spočíval v tom, že kola se nikdy netočila současně a jejich směr otáčení bylo vždy proti sobě.

Účelem zařízení byl převod pohybu na střední osu, která zde fungovala jako naviják. Toho se docílilo složitým mechanismem soustředných zařízení. Vnitřní soukolí bylo tvořeno ozubeným kolem v jednom směru a zařízením, které bylo složeno z kruhu se dvěma zarážkami, a které bylo propojeno pákou. Při každém pohybu páky vždy pak zuby zapadly střídavě do velkých vnějších kol. Tím se docílilo navíjení a zvedání těžkých břemen.

Toto zařízení bylo pravděpodobně pouze studijním modelem. Podle Heydendreicha, Dibnera a Retiho (1981) bylo toto zařízení použito jako předloha jiným, daleko větším strojům (například u jeřábů nebo výtahů).

Zajímavé je, že do této studie přidal i studii vlhkoměru. Jednalo se o houbovitou hmotu, která je schopna absorbovat na jednu stranu ramene vodu a zároveň na druhou stranu ramene pravděpodobně vosk, který naopak vodu odpuzuje. Při zvýšení vlhkosti vzduchu se váhy nakláněly na stranu s houbovou hmotou a naopak. Pomocí tohoto jednoduchého zařízení pak každý mohl jednoduše předpovídat zhoršující se počasí.

#### 4.4.2 *Jeřáb na hloubení kanálů*

Tento stroj, jak už napovídá název, měl odstraňovat zeminu při hloubení kanálů. Jeřáb se mohl přemísťovat pomocí systémů kolejnic a šroubů, takže byl mobilní. Jeho konstrukce byla ohromná, obsahovala dvě ramena, která byla uváděna do pohybu jediným lanem. Lanový převod fungoval na principu střídavého pohybu klesání a stoupání. Systém pracoval jednoduše, kdy na obou koncích byly umístěny bedny buď na přepravu lidí do prostoru hloubení, nebo naopak na vývoz zeminy nahoru. Dělníci tak museli pracovat synchronizovaně a maximálně opatrně, aby se dal tento systém bezpečně používat.

#### 4.4.3 *Tiskařský lis*

Leonardo se o vynalezený tiskařský lis velice zajímal, protože se jednalo o zařízení, které výrobu knih zlevňovalo, a tím pádem přinášelo odbornou literaturu do širších vrstev společnosti. Jako ve všech případech svých objevů a inovací se Leonardo snažil o větší automatizaci přístroje a větší zefektivnění výroby.

Stroj vykonával různé pohyby po zapnutí obsluhy. Té stačil k tomuto úkonu pohnout mechanickou pákou. Poté se lis pomocí šneku posouval dolů a prováděl otisky na papír, jenž byl upevněn na vozíku. Horní ozubené kolo mělo uvádět do pohybu mechanismy umístěné v zadní části lisu. Na kladku, která hýbala s pohyblivým vozítkem, se začal navíjet provaz a vozík se uvedl v pohyb směrem k lisu. Po vykonaném otisku zase vozík odjíždí směrem na stůl.

Obr. 16 - Tiskařský lis



Zdroj: Leonardo's Machines

Už kvůli zmíněnému vozíku lze celý tento proces ovládat jedním pohybem páky, takže k obsluze je zapotřebí jen jedné osoby. Další výhodou této inovace spočívala v tom, že list papíru se dostával pod lis bez ručního zásahu, což bylo v té době inovativní.

#### 4.4.4 Kružidlo

Tyto geometrické studie se hodně prolínají s inženýrskými a architektonickými projekty, kdy se Leonardo zabýval nejrůznějšími nákresey a varianty kružidel se dvěma rameny. Zde máme krásný příklad Leonardových studií zaměřených na funkčnost a estetiku nástrojů. Leonardo vymyslel spoustu různých druhů kružidel lišících se jen v estetice. Je tedy velice pravděpodobně, že některé z nich byly také vyrobeny a používány Leonardem v běžném životě.

Největším konstrukčním problémem návrhu kružidla bylo zajištění stability při roztažení ramen. Leonardo to řešil nejčastěji pomocí zvětšených styčných ploch v kloubech. Na obrázku č. 17 jsou vyobrazeny 2 kružidla z jeho nesčetných návrhů.

Obr. 17 - Kružidla



Zdroj: Leonardo's Machines

## **5 Vliv mistra Leonarda nad osudy lidí**

Leonardo nepochybně za sebou zanechal nesčetně mnoho témat pro budoucí populaci. Zamýšlel výsledky svých vědeckých výzkumů prezentovat v uceleném souboru poznatků, ale k tomu se bohužel nikdy nedostal. Celý život ho totiž více lákalo zdokonalovat a rozšiřovat své výzkumy, než je systematicky třídit. Následná staletí bylo nesmírně těžké studovat jeho neutříděné a chaotické zápisníky, ale v jeho mysli žádný zmatek nepanoval. Jeho pohled na přírodní jevy byl odlišný od názoru, které zastávali Galilei, Descartes a Newton.

Leonardo da Vinci přibližně sto let před Galileim a Baconem sám vytvořil nový, empirický přístup k vědě, jehož součástí bylo systematické pozorování, logické přemýšlení a snaha o matematické vyjádření výsledků. Jedná se o základy moderních vědeckých metod, které vytvořil.

Za jeho života bylo jeho vědecké dílo prakticky neznámé. Přibližně 450 let po jeho smrti jeho objevy a myšlenky přímo vědce nijak neovlivnily. Jeho průkopnické objevy se v drobných pracích sice objevovaly, ale neměly zásadní vliv. Vědci se v tomto období zabývali stále propracovaněji s problémy, které jako první začal řešit Leonardo. Pokroky byly ovlivněny stupněm vývoje vědy, například chemických nebo elektromagnetických zákonů, genetiky nebo evoluce.

Leonardo může být označován za raného předchůdce celé řady vědců a filozofů, kteří se zaměřovali především na studium organických forem. Jeho organická koncepce života ovládala tehdejší vědecké myšlení. Nicméně žádný z vědců zabývajících se v historii tímto problémem netušil, že průkopníkem myšlenek byl tento renesanční génius. Celý svět oslavoval Galilea Galileiho, zatímco Leonardovo dílo bylo zapomenuto v soukromých sbírkách, či knihovnách po celé Evropě.

### **5.1 Leonardovi učenci**

#### *5.1.1 Giovanni Antonio Boltraffio (1466 – 1516)*

Narodil se v Miláně a byl vrcholný renesanční malíř, na kterého měl zásadní vliv Leonardo da Vinci. To dokazují i Madony s dítětem, sv. Jana Křtitele nebo sv. Šebestiána namalované metodou Sfumato. To byla Leonardova zvláštnost, kterou podle jeho vzoru právě

Boltraffio využíval. Tyto obrazy dokonce i označil poznámkou, že je Leonardovým žákem. Oba pracovali v jednom ateliéru a tak se mohl Boltraffio učit Leonardovým dovednostem.

### 5.1.2 *Francesco Melzi (1491-1570)*

V roce 1507 se Leonardo seznámil s mladíkem, jehož jméno bylo Francesco Melzi, který se stal jeho žákem, osobním asistentem a nerozlučným společníkem. Melzi byl synem lombardského aristokrata, jemuž patřilo panství ve Vapriu, kousek od Milána. V době, kdy jej Leonardo poznal, bylo Franceskovi kolem patnácti let.

Melzi sestavil po Leonardově smrti slavné *Trattato della pittura (pojednání o malířství)*, podle Leonardovy sbírky *Libro A*. Mezi tématy, o nichž *Trattato* pojednává, jsou také rozsáhle poznatky o tvarech a vzhledu rostlin a stromů.

### 5.1.3 *František I. (1494-1547)*

Po svém příchodu do Francie se stal Leonardo učitelem Františka I., jehož nikdy neomrzelo poslouchat Leonardův výklad o finesách vědy, o živých formách – o složité povaze vodních a vzdušných vírů, o vzniku skal a o původu zkamenělin, o komplikovanosti pohybu lidského těla a letu ptáků, o povaze světla a perspektivy.

## 5.2 **Leonardovi současníci**

Není vůbec jasné, jak Leonardova díla ovlivnila vývoj fyziky. Názory na tuto problematiku jsou odlišné. Svět mohl prakticky získat představu o díle Leonardově z jeho deníků teprve v roce 1797 od italského fyzika G. B. Venturiho (1746-1822). Bohužel nelze vysvětlit, jak se Leonardovy myšlenky objevují už ve studiích z 16. století. Mezi největší tři italské přírodovědce, kteří vycházeli z Leonardových teorií, se řadí:

### 5.2.1 *Niccolo Tartaglio (1499-1552)*

Autor díla *Nová věda*, ve kterém podrobně analyzuje teorii o šikmém vrhu (vržených střel).

### 5.2.2 *Girolamo Cardano (1501-1576)*

Cardano byl všestranně talentovaný učenec, který je znovuobjevitel kardanova závěsu. Kardanův závěs se používá například u lodního kompasu a jedná se o závěs se dvěma kruhy

volně pohyblivými koly osy k sobě kolmých, zavěšenými v třetím pevném kruhu. Kardanův závěs umožňuje stálou polohu při kývání vnějšího kruhu. Údajně Cardano byl podvodník, který uvedl Leonardovy výsledky jako své vlastní ve spisech *O přesnosti* a *Nové dílo*.

### 5.2.3 *Giovanni Battista Benedetti (1530-1590)*

Tartagliův žák, který pojednává o principu setrvačnosti, odstředivé síle, o volném pádu těles (zde zjistil, že nezávisle na své hmotnosti mají stejné zrychlení), odvodil *hydrostatický paradox* (u dané kapaliny velikost tlakové síly na dno nezávisí na hmotnosti kapaliny). Všechny tyto své poznatky uvedl v traktátu nazvaném *Různé matematické a fyzikální úvahy*.

### 5.2.4 *Filippino Lippi (1457-1504)*

Lippi byl italský renesanční malíř narozený v Pratu. Po smrti svého otce se vydává do Florencie, kde se učí malířskému vzdělání. Lippi se proslavil pracemi pro kaple, kostely a kláštery, které zdobil svými dynamickými postavami s hlubokými pocity, které nutily k zamyšlení. Velmi často vytvářel ke svým freskám celou řadu nákrešů a průprav, kterými byl známí Leonardo da Vinci. Celkově ale nebyl Lippi tak inovativní, jako Leonardo, protože velice často místo své vlastní invence podléhal inspiraci svých kolegů.

## **6 Leonardovy největší zásluhy v oblastech fyziky**

Leonarda od dětství nikdy nevedli k horlivému studiu latiny, jak bylo v tehdejší době běžné, nicméně právě proto svůj talent nepromarnil nad klasickými spisy. Mohl si tak utvářet vlastní obrázek na svět, nadržet se zavedených postupů, ale právě naopak vždy řešil věci podle svých nabitých informací ze zkušeností a na vše se snažil přicházet sám. Leonardo tvrdil, že sice neumí citovat autory jako jeho současníci, ale že bude citovat jen to, co si zaslouží mnohem větší úcty, a to je jeho vlastní zkušenost, která je jeho nejlepším učitelem.

A právě kvůli svému nezaujatému pohledu na svět byl schopný dosáhnout tak obdivuhodných nápadů, vylepšení a hlavně nových poznatků ve všech oblastech jeho zájmu.

### **6.1 Zásluhy o hydrauliku a hydrostatiku**

Obrovský obdiv si zaslouží jeho projekty rozsáhlých melioračních prací, vodních kanálů nebo zesplavnění říčních toků. Sám sice zdymadla nevymyslel, protože v patnáctém století byly už všeobecně známé. Leonardo však nahradil dřívější nespolehlivé přehrazení říčního toku dvoukřídlými vraty, kterým pomáhala samotná voda svým tlakem k utěsnění. Vyřešil také způsob, jak komoru zdymadla rychle naplnit i vypustit.

Jak na Leonarda prozradily jeho poznámky, musel znát princip spojitých nádob pro kapaliny různých hustot a také věděl o základním hydrostatickém zákonu, který je ovšem pojmenován po francouzském filozofovi Pascalovi, který ho objevil až po Leonardovi. Byl rovněž autorem teorie pohybu vln na moři. Jeho zájem byl takřka bezedný, a tak není divu, že nezůstával jen u vody. Ve své univerzální fyzikální koncepci, založené na předpokladu, kdy příčinou všeho živého je pohyb, dal vlnovému pohybu přednost před všemi ostatními. Touto nejpřirozenější formou pohybu se podle Leonarda šíří světlo, zvuk, vůně, magnetismus a dokonce i myšlenky (Kraus, 2007).

### **6.2 Příspěvek k Archimédově nauce o těžišti**

Leonardo při svém zkoumání o těžišti rovinných obrazců a trojrozměrných těles navázal na poznatky starověkých velikánů Archimédése a Héróna Alexandrijského. Stejně jako Archimédés určil těžiště trojúhelníka, tak Leonardo dospěl k těžišti *tetraedru* a potom i *libovolné pyramidy*, a také svůj objev doplnil elegantní poučkou: „Přímky spojující vrcholy



čtyřstěnu s těžišti protilehlých stěn se protínají ve stejném bodě – těžiště tělesa, které dělí každou z přímkou na dvě části, přičemž ta, která vychází z vrcholu, je třikrát větší než druhá.“

### **6.3 Statika, dynamika a optika**

Vylepšil pojem momentu síly k bodu, detailně prostudoval podmínky rovnováhy těles na nakloněné rovině, a také se zabýval stabilitou šikmých věží v Pise a Boloni. Vyvrátil jejich zřícení tím, že pokud bude pata vertikály vedené z těžiště staveb ležet uvnitř plochy jejich základů, pak nemůže dojít k jejich převrácení. Jako první se také zabýval problémem mechanismu tření, pevností nosníků v tahu a tlaku.

Z některých formulací v díle “*Codex Atlanticus*“ se zdá, že měl přinejmenším tušení jak o principu setrvačnosti, tak o zákonu akce a reakce: „Každý pohyb usiluje o své zachování; těleso se pohybuje, pokud v něm trvá účinek hybatele... Pohyb vzduchu působí na nepohyblivý předmět stejně jako pohyb předmětu na nepohyblivý vzduch.“ (Kraus, 2007)

Leonardo dále přispěl k novým poznatkům ve vědě o váhách a vážení. Objevil změny atmosférického tlaku, čímž razantně popřel tradiční představy o nehmotném vzduchu.

Také jeho přínos v oblastech optiky byl neméně významný. Velice podrobně popsal fungování principu kamery obscury nebo navrhl brýle „aby bylo možné Měsíc vidět větší“. Rovněž se zabýval měřením intenzity světla či přípravou parabolických zrcadel.

## **7 Závěr**

Z pohledu současné vědy je možné nazývat mistra Leonarda da Vinciho systémovým filozofem. Při svém zkoumání a snaze porozumět určitým jevům se často nechával unést a odchyloval se od původně zamýšleného záměru a zabřednul nad bádáním jevů jiných. Nabyté zkušenosti z rozličných vědních činností svého zájmu, tak mohl propojit a leckdy objevil vylepšení, na které by vědec celoživotně zaměřený k bádání jedné vědní disciplíny nemohl nikdy přijít. Názorným příkladem jsou Leonardovy studie proporcí lidského těla, kdy je srovnával s proporcemi budov renesanční architektury. Dalším příkladem je Leonardovo kreslení a konstruování pák, převodů a hnacích soukolí, kdy je vědecky propojil s fyziologií zvířat a lidí. Nechával se tak inspirovat svaly a konstrukcí těl.

Jeho geniální schopnosti vzájemně propojovat myšlenky a poznatky z různých oborů bylo Leonardovým základem k výzkumu. Jeho vynálezy a výzkum mnohdy překračovaly zamýšlené účely. Jeho práce obsahovala celou řadu přírodních jevů, které byly v době renesance již známé. Leonardo jich obratně využíval v kombinaci se svými objevy a nabytými zkušenostmi. Dal tak vzniknout mnohým inovačním a konstrukčním prvkům do té doby neznámým.

Cílem bakalářské práce bylo objasnit vliv Leonarda da Vinciho na konstrukční proces a stanovit zásadní teorie, konstrukce a vynálezy, jež ovlivnila vývoj procesu konstruování. Uvedený výčet jeho vynálezů a teorií zdaleka není úplný. Nicméně ve své práci uvádím da Vinciho základní vlivy na konstrukční proces a jeho vliv na nástupce v procesu konstruování. Je třeba upozornit, že se tímto tématem zabývá v dnešní době už mnoho publikací, ale hojná většina z nich se rozchází v detailech, nebo pohledech na Leonardovu činnost. Věřím, že čtenář pomocí této bakalářské práce získá ucelenou představu o přínosu mistra Leonarda pro rozvoj vědy a techniky, který je zde popsán a vysvětlen jak z pohledu historie konstrukčních procesů, tak i z pohledu problematiky dnešní doby. Spousta jeho vynálezů a vylepšení se stále v současnosti používá. Pravdou je, že ale v jiných a složitějších podobách.

## Seznam použité literatury

- [1] CAPRA, F.: *Věda mistra Leonarda: Pohled do mysli velkého renesančního génia*. Praha: Academia, 2009
- [2] KRAUS, I.: *Fyzika od Thaléta k Newtonovi: Kapitoly z dějin fyziky*. Praha: Academia, 2007
- [3] KRAUS, I.: *Fyzika v kulturních dějinách Evropy: Od Leonarda ke Goethovi*. Praha: ČVUT, 2007
- [4] HÖSCHL, C.: *Eseje o mechanice*. Liberec: Fakulta strojní TUL, 2009
- [5] TADDEI, M.; ZANON, E.; LAURENZA, D.: *Leonardo's Machines: Da Vinci's Inventions Revealed*. UK: David & Charles PLC, 2006
- [6] HOUDEK, F.; TŮMA, J.: *Objevy a vynálezy tisíciletí: 111 milníků přírodovědy, techniky a medicíny*. Praha: Nakladatelství Lidové noviny, 2002
- [7] DAY, L.; MCNEIL, I.: *Biographical Dictionary of the History of Technology*. London: Routledge, 1996
- [8] NOCCOLI, R.: *Historie Letectví: Od létacího stroje Leonarda da Vinci po dobytí vesmíru*. Čestlice: Rebo Productions CZ, 2003
- [9] MOON, F.: *The machines of Leonardo da Vinci and Franz Reuleaux: kinematics of machines from the renaissance to the 20<sup>th</sup> century*. Dordrecht: Springer, 2007
- [10] HEYDENREICH, L.; RETI, L.; DIBNER, B.: *Leonardo the inventor*. London: Hutchinson, 1981
- [11] LANDRUS, M.: *Leonardo da Vinci*. Brno: Computer press, 2006

## **Seznam internetových odkazů**

- [12] Filippino Lippi, [online]. [cit.2012-03-15]. Dostupný z WWW: <[http://www.artmuseum.cz/umelec.php?art\\_id=557](http://www.artmuseum.cz/umelec.php?art_id=557)>.
- [13] Mladý vědec – Vynálezy mistra Leonarda I, [online]. [cit.2012-03-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.mladyvedec.sk/archiv/archiv-12-cisla/283-12-vynalez-y-majstra-leonarda.html>>.
- [14] Leonardovy stroje, [online]. [cit.2012-03-18]. Dostupný z WWW: <[http://www.leonardo3.net/leonardo/machines\\_eng.php#001](http://www.leonardo3.net/leonardo/machines_eng.php#001)>.
- [15] Cardanův závěs, [online]. [cit.2012-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://leccos.com/index.php/clanky/cardanuv-zaves>>.
- [16] Leonardo da Vinci, [online]. [cit.2012-03-23]. Dostupný z WWW: <<http://dictionary.sensagent.com/leonardo+da+vinci/cs-cs>>.
- [17] Giovanni Antonio Boltraffio, [online]. [cit.2012-04-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.virtualuffizi.com/biography/Giovanni-Antonio-Boltraffio.htm>>.
- [18] BBC: Science and Nature – Leonardo da Vinci, [online]. [cit.2012-04-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.bbc.co.uk/science/leonardo>>.
- [19] Leonardo, [online]. [cit.2012-04-05]. Dostupný z WWW: <<http://anquetil.rajce.idnes.cz/LEONARDO/>>.

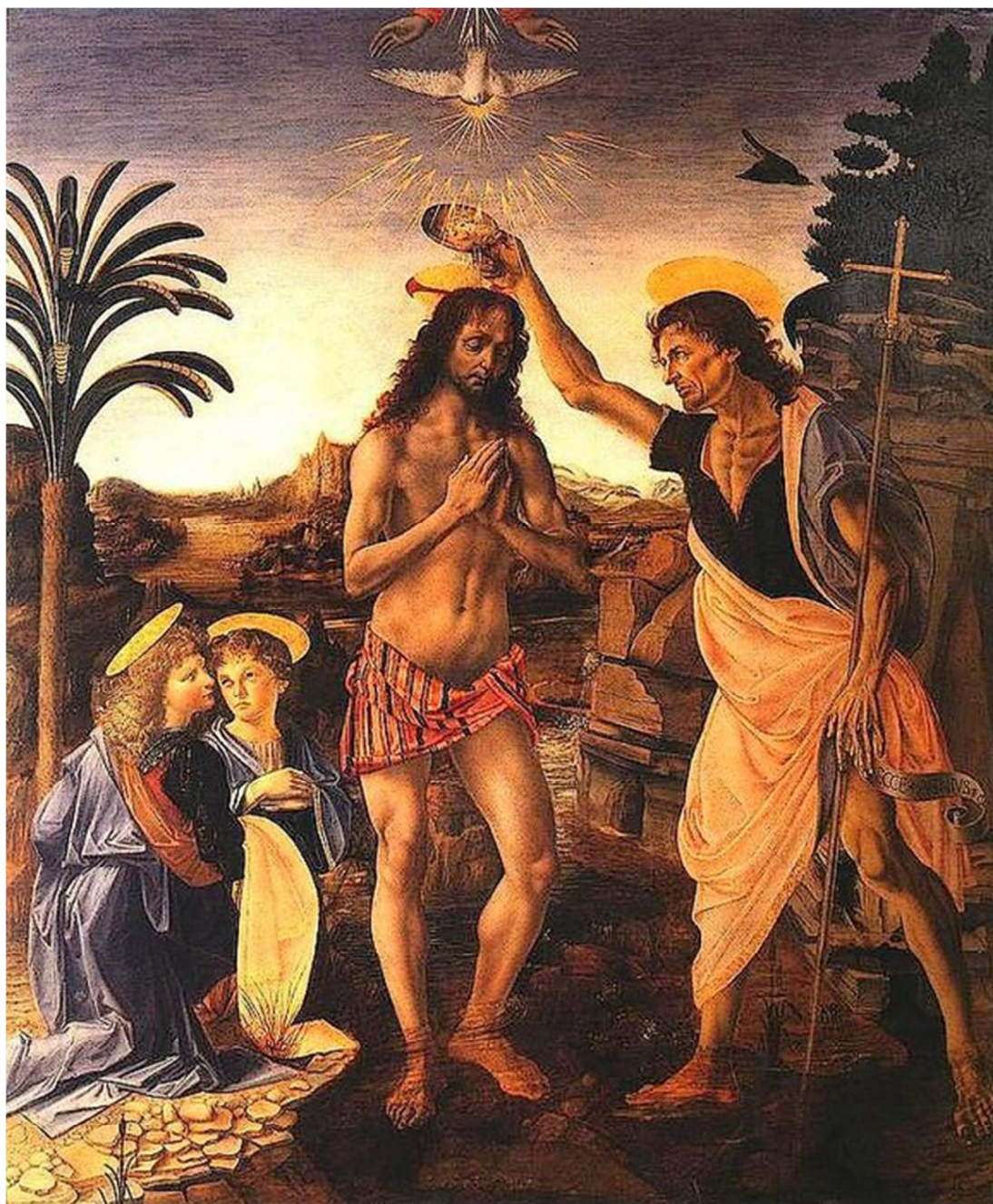
## **Seznam obrázků**

Obr. 1 - Leonardo da Vinci.....	2
Obr. 2 - Zařízení s mechanickými křídly.....	10
Obr. 3 - Umělé křídlo.....	11
Obr. 4 - Vzdušný šroub.....	12
Obr. 5 - Létací stroj I. ....	13
Obr. 6 - Létací stroj II.....	14
Obr. 7 - Členěná mechanická křídla .....	14
Obr. 8 - Ručnice.....	16
Obr. 9 - Varhanová děla.....	17
Obr. 10 - Rozkládací dělo .....	17
Obr. 11 - Obrněný vůz .....	18
Obr. 12 - Vícenásobný moždíř.....	19
Obr. 13 - Otočný most .....	22
Obr. 14 - Vodní bagr.....	22
Obr. 15 - Zařízení pro převod střídavého pohybu .....	23
Obr. 16 - Tiskařský lis .....	24
Obr. 17 - Kružidla.....	25

**Seznam příloh**

Příloha č. 1 .....	1
Příloha č. 2 .....	2
Příloha č. 3 .....	3
Příloha č. 4 .....	4
Příloha č. 5 .....	5

**Příloha č. 1**



Zdroj: <http://anquetil.rajce.idnes.cz/LEONARDO/>

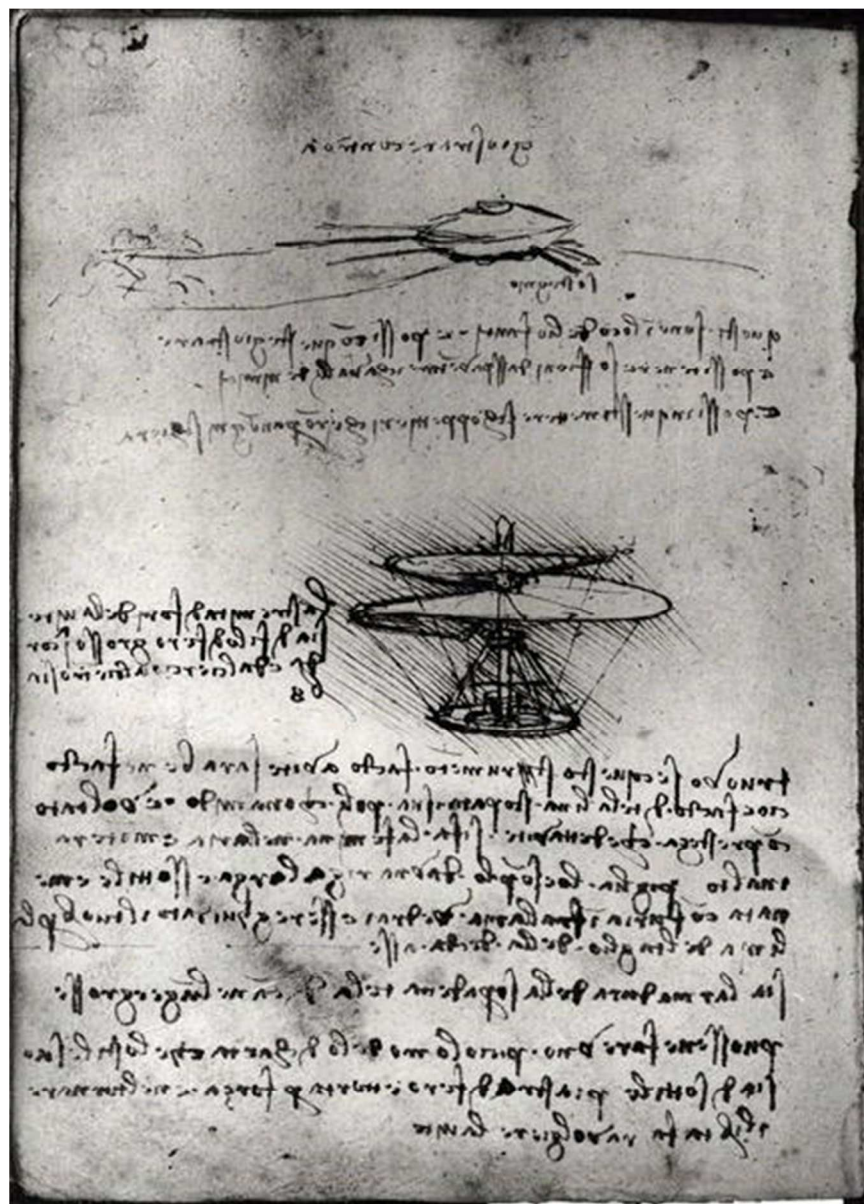


Příloha č. 2



Zdroj: <http://www.bbc.co.uk/science/leonardo>

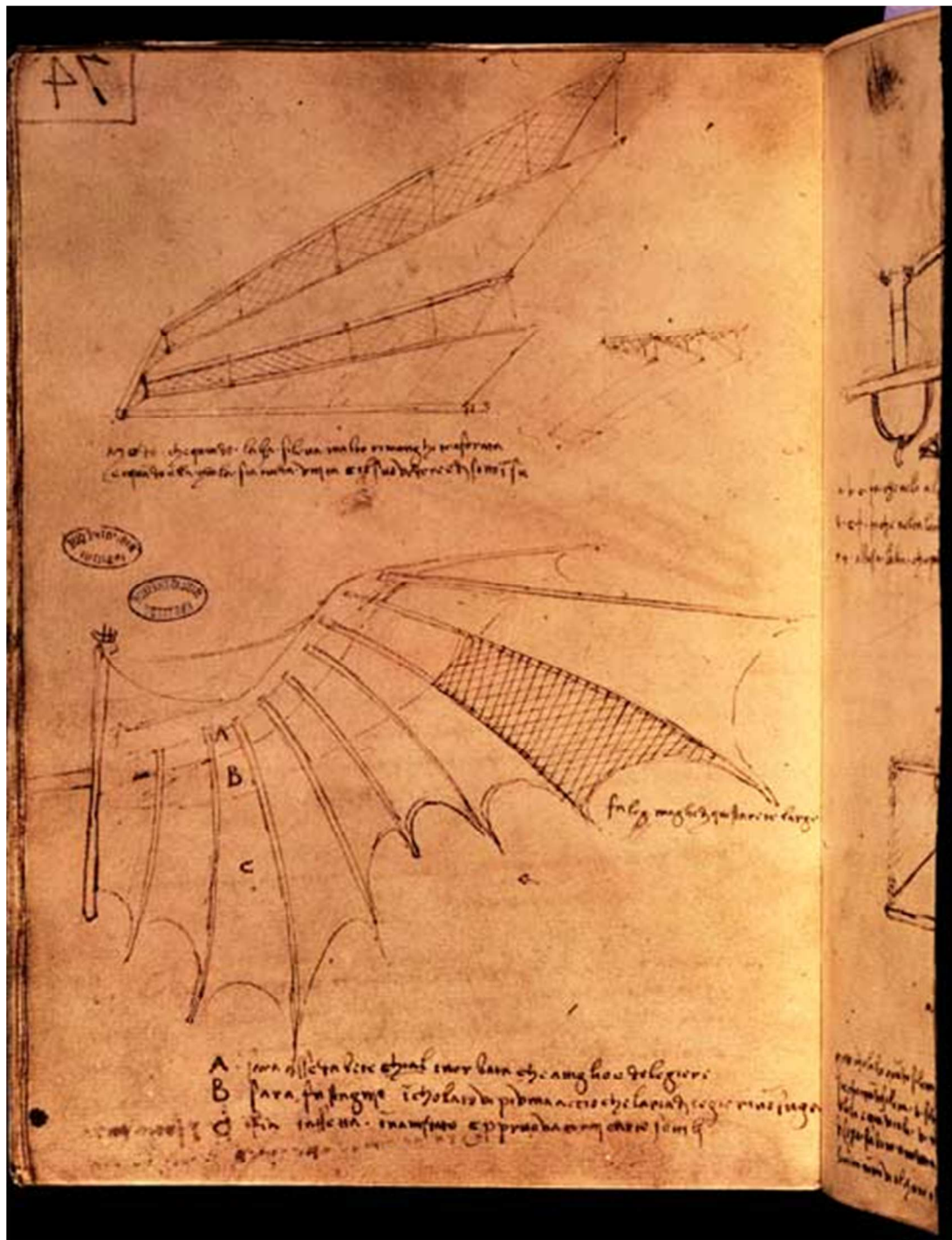




Zdroj: <http://www.bbc.co.uk/science/leonardo>



Příloha č. 5



Zdroj: <http://www.bbc.co.uk/science/leonardo>