



# Trendy vývoje spalovacích motorů pro motocykly

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B2301 – Strojní inženýrství  
*Studijní obor:* 2301R000 – Strojní inženýrství  
*Autor práce:* **Ondřej Dufek**  
*Vedoucí práce:* prof. Ing. Celestýn Scholz, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Mechanical Engineering ■

# Development trends of combustion motorcycle engines

## Bachelor thesis

*Study programme:* B2301 – Mechanical Engineering  
*Study branch:* 2301R000 – Mechanical Engineering

*Author:* **Ondřej Dufek**  
*Supervisor:* prof. Ing. Celestýn Scholz, Ph.D.



Tento list nahradte  
originálem zadání.

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

## **Poděkování:**

Chtěl bych poděkovat prof. Ing. Celestýnu Scholzovi Phd. za vedení mé bakalářské práce. Děkuji Zdeňku Doubkovi za poskytnuté informace ohledně sportovních předpisů a Ing. Bc. Ivanu Novákovi za informace týkající se legislativních omezení. V poslední řadě bych poděkoval Mgr. Lence Pardubické za pomoc při gramatické kontrole a Radku Borusíkovi za korekci překladu.

## **anotace**

Cílem této práce je vytvoření katalogu motocyklů od roku 1970 a vypracovat vývojové trendy vycházející z katalogu. Práce také poukazuje na předpisy omezující vývoj motocyklových motorů. Katalog jsem vytvořil pomocí dat získaných z internetových motocyklových databází. Data jsou zpracována pomocí programu Microsoft Excel. Výsledkem práce je čtrnáct grafů ukazujících vývojové trendy motocyklů.

### **Klíčová slova:**

Motocykl, motor, sportovní předpisy, legislativní omezení, parametry motorů, katalog

## **Annotation**

The purpose of this this theses is to create a catalog of motorcycles produced since the year 1970 and to develop a progression trends from the catalog. The theses also highlights regulations, that limits motorcycle engines evolution. I created the catalog by using data acquired from internet databases. The data are processed using the Microsoft Excel program. The result of the theses is fourteen charts, which shows motorcycle development trends.

### **Key words:**

Motorbike, engine, rules, legislative regulation, engine parameters, catalogue

# Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| <b>OBSAH</b> .....                                      | <b>8</b>  |
| <b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....                             | <b>10</b> |
| <b>SEZNAM TABULEK</b> .....                             | <b>10</b> |
| <b>SEZNAM GRAFŮ:</b> .....                              | <b>11</b> |
| <b>ÚVOD</b> .....                                       | <b>13</b> |
| <b>1 HISTORIE</b> .....                                 | <b>14</b> |
| 1.1 HISTORIE MOTOCYKLŮ .....                            | 14        |
| 1.2 HISTORIE DVOUDOBÝCH MOTORŮ .....                    | 15        |
| 1.3 HISTORIE ČTYŘDOBÝCH MOTORŮ .....                    | 16        |
| <b>2 DEFINICE MOTOCYKLŮ</b> .....                       | <b>17</b> |
| <b>3 ROZDĚLENÍ PODLE DRUHU MOTOCYKLU</b> .....          | <b>17</b> |
| <b>4 LEGISLATIVNÍ A SPORTOVNÍ OMEZENÍ</b> .....         | <b>19</b> |
| 4.1 LEGISLATIVNÍ OMEZENÍ .....                          | 19        |
| 4.2 SPORTOVNÍ OMEZENÍ .....                             | 20        |
| 4.2.1 Silniční závody .....                             | 20        |
| 4.2.2 Terénní závody .....                              | 21        |
| 4.2.3 Plochá dráha .....                                | 21        |
| <b>5 NETRADIČNÍ KONCEPCE MOTOCYKLOVÝCH MOTORŮ</b> ..... | <b>23</b> |
| 5.1 MOTOR S OVÁLNÝMI PÍSTY .....                        | 23        |
| 5.2 WANKELŮV MOTOR .....                                | 25        |
| 5.3 PŘEPLŇOVANÉ MOTOCYKLY .....                         | 27        |
| 5.4 MEGOLA.....   | 29        |
| <b>6 DATABÁZE</b> .....                                 | <b>31</b> |
| 6.1 INDEXY DATABÁZE .....                               | 31        |
| 6.1.1 Poměr zdvihu a vrtání .....                       | 31        |
| 6.1.2 Střední pístová rychlost.....                     | 32        |
| 6.1.3 Střední efektivní tlak ( $p_e$ ).....             | 32        |
| 6.1.4 Litrový výkon .....                               | 33        |
| 6.1.5 Chlazení.....                                     | 33        |
| 6.1.6 Ventilový rozvod.....                             | 33        |



|        |                                       |           |
|--------|---------------------------------------|-----------|
| 6.1.7  | <i>Uspořádání</i> .....               | 34        |
| 6.1.8  | <i>Palivo</i> .....                   | 34        |
| 6.1.9  | <i>Uložení motoru</i> .....           | 34        |
| 6.1.10 | <i>Systém přípravy směsi</i> .....    | 35        |
| 6.2    | <b>VÝVOJOVÉ TRENDY</b> .....          | 35        |
| 6.2.1  | <i>Metodika</i> .....                 | 35        |
| 6.2.2  | <i>Poměr zdvihu a vrtání</i> .....    | 36        |
| 6.2.3  | <i>Střední pístová rychlost</i> ..... | 37        |
| 6.2.4  | <i>Střední efektivní tlak</i> .....   | 38        |
| 6.2.5  | <i>Litrový výkon</i> .....            | 39        |
| 6.2.6  | <i>Chlazení motoru</i> .....          | 40        |
| 6.2.7  | <i>Systém přípravy směsi</i> .....    | 41        |
| 6.2.8  | <i>Počet dob</i> .....                | 42        |
|        | <b>ZÁVĚR</b> .....                    | <b>43</b> |
|        | <b>POUŽITÁ LITERATURA</b> .....       | <b>45</b> |
|        | <b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....            | <b>48</b> |
|        | <b>OBSAH CD/DVD</b> .....             | <b>49</b> |

## Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| OBR. 1: MOTOCYKL MICHAUX-PERREAU 1867 [21] .....             | 14 |
| OBR. 2: MOTOCYKL HILDEBRAND-WOLFMULLER [21] .....            | 14 |
| OBR. 3: MOTOCYKL SCOTT 1908 [2].....                         | 15 |
| OBR. 4: MOTOR MOTOCYKLU FN FOUR [9].....                     | 16 |
| OBR. 5: UKÁZKA CESTOVNÍHO SILNIČNÍHO MOTOCYKLU [13] .....    | 17 |
| OBR. 6: UKÁZKA CESTOVNÍHO ENDURA [13] .....                  | 18 |
| OBR. 7: UKÁZKA CHOPPERA [13] .....                           | 18 |
| OBR. 8: UKÁZKA SPORTOVNÍHO SILNIČNÍHO MOTOCYKLU [13].....    | 18 |
| OBR. 9: UKÁZKA SPORTOVNÍHO TERÉNNÍHO MOTOCYKLU [13] .....    | 18 |
| OBR. 10: UKÁZKA MOTARDA [13] .....                           | 18 |
| OBR. 11: HLAVA VÁLCŮ HONDA NR500 (POHLED ZESPODU) [11].....  | 23 |
| OBR. 12: KLIKOVÝ MECHANISMUS HONDY NR [11].....              | 24 |
| OBR. 13: PRVNÍ WANKELŮV MOTOCYKLOVÝ MOTOR [38] .....         | 25 |
| OBR. 14: SPALOVACÍ PROSTOR HERCULES W2000 [38].....          | 25 |
| OBR. 15: WANKELŮV MOTOR OD FIRMY SUZUKI [4] .....            | 26 |
| OBR. 16: UMÍSTĚNÍ TURBODMYCHADLA NA KAWASAKI Z1R-TC [6]..... | 27 |
| OBR. 17: MOTOR KAWASAKI NINJA H2R V ŘEZU [14].....           | 28 |
| OBR. 18: MOTOR MOTOCYKLU MEGOLA [25] .....                   | 29 |
| OBR. 19: KONCEPT MOTOCYKLU FELIXE MILLETA [24] .....         | 30 |

## Seznam tabulek

|   |    |
|---|----|
| TAB. 1: LEGISLATIVNÍ OMEZENÍ.....                   | 19 |
| TAB. 2: OMEZENÍ ZÁVODŮ SILNIČNÍCH MOTOCYKLŮ.....    | 20 |
| TAB. 3: OMEZENÍ TERÉNNÍCH MOTOCYKLŮ .....           | 21 |
| TAB. 4: OMEZENÍ SUPERMOTO.....                      | 21 |
| TAB. 5: OMEZENÍ PLOCHÉ DRÁHY.....                   | 22 |
| TAB. 6: DĚLENÍ MOTORŮ DLE POMĚRU ZDVIH/VRTÁNÍ ..... | 31 |
| TAB. 7: ZNAČENÍ DRUHŮ CHLAZENÍ .....                | 33 |
| TAB. 8: ZNAČENÍ DRUHŮ VENTILOVÉHO ROZVODU.....      | 33 |
| TAB. 9: ZNAČENÍ DRUHŮ USPOŘÁDÁNÍ.....               | 34 |
| TAB. 10: ZNAČENÍ DRUHŮ PALIVA.....                  | 34 |
| TAB. 11: ZNAČENÍ ULOŽENÍ MOTORU .....               | 34 |

## Seznam Grafů:

|  |    |
|--|----|
| GRAF 1: TREND VÝVOJE POMĚRU ZDVIHU A VRTÁNÍ .....      | 36 |
| GRAF 2: TREND VÝVOJE STŘEDNÍ PÍSTOVÉ RYCHLOSTI .....   | 37 |
| GRAF 3: TREND VÝVOJE STŘEDNÍHO EFEKTIVNÍHO TLAKU ..... | 38 |
| GRAF 4: TREND VÝVOJE LITROVÉHO VÝKONU .....            | 39 |
| GRAF 5: TREND VÝVOJE CHLAZENÍ MOTORU I .....           | 40 |
| GRAF 6: TREND VÝVOJE CHLAZENÍ MOTORU II .....          | 40 |
| GRAF 7: TREND VÝVOJE CHLAZENÍ MOTORU III .....         | 40 |
| GRAF 8: TREND VÝVOJE SYSTÉMU PŘÍPRAVY SMĚSI I.....     | 41 |
| GRAF 9: TREND VÝVOJE SYSTÉMU PŘÍPRAVY SMĚSI III.....   | 41 |
| GRAF 10: TREND VÝVOJE SYSTÉMU PŘÍPRAVY SMĚSI II .....  | 41 |
| GRAF 11: TREND VÝVOJE POČTU DOB MOTORU III .....       | 42 |
| GRAF 12: TREND VÝVOJE POČTU DOB MOTORU II .....        | 42 |
| GRAF 13: TREND VÝVOJE POČTU DOB MOTORU I .....         | 42 |

## Seznam zkratek

|       |      |  |
|-------|------|--|
| $Z$   | ...  | Zdvih pístu [mm]   |
| $D$   | ...  | Průměr válce [mm]  |
| $n$   | ...  | Otáčky motoru [1/min]  |
| $M_t$ | ...  | Točivý moment [Nm]   |
| $k$   | ...  | Koeficient ( $k = 1$ pro 2dobý motor, $k = 2$ pro 4dobý motor) [-] |
| $V_z$ | ...  | Zdvihový objem motoru [dm <sup>3</sup> ]                           |
| OHV   | ...  | Ventilový rozvod s vačkovým hřídelem v bloku motoru                |
| DOHC  | ...  | Ventilový rozvod s dvěma vačkovými hřídeli v hlavě válců           |
| OHC   | ...  | Ventilový rozvod s Vačkovým hřídelem umístěným v hlavě válců       |
| IOE   | ...  | Ventilový rozvod s umístěním ventilů nad sebou                     |
| CS    | ...  | Cestovní silniční motocykl   |
| CE    | ...  | Cestovní enduro  |
| VC    | ...  | Volnočasový chopper  |
| SS    | ...  | Sportovní silniční motocykl  |
| ST    | ...  | Sportovní terénní motocykl   |
| SM    | .... | Sportovní motard   |
| SV    | ...  | Ventilový rozvod s ventily umístěnými v bloku motoru               |
| MPI   | ...  | Vícebodové vstřikování   |

## Úvod

N úvod bych se rád zmínil o tom, proč jsem si zvolil právě tohle téma. Již od dětství jsem měl blízký vztah k motocyklům, jelikož pocházím z motorkářské rodiny a už jako malý jsem obdivoval motocykly, na kterých jezdili rodiče. S tátou se již několik let věnujeme přestavbám a úpravám designu motocyklů a za to jsme již obdrželi několik významných ocenění na výstavách v české republice, pokud čas dovolí rád bych se této zálibě věnoval i nadále. To vše bylo a je inspirací pro mou bakalářskou práci. Téma jsem si zvolil, protože je mi velmi blízké a chtěl jsem díky ní prohloubit a obohatit znalosti ohledně historie a vývoje motocyklů a motocyklových motorů.

Myslím si, že motocyklů na silnicích stále přibývá a rozšiřují se i motocyklové sporty což se dá vysvětlit několika způsoby. Například tím, že v dnešní uspěchané době je motocykl asi nejrychlejší dopravní prostředek, jelikož snadněji objedete zúžená místa a lehce se proplete v dopravní špičce. Jako další důvod bych uvedl větší užitek z jízdy na motocyklu než osobním automobilem.

Vývoj motocyklových motorů jde stále kupředu. Každý rok se objevovaly inovace v konstrukci motocyklových motorů a jejich řízení, ale většinou šlo jen o malé úpravy, a základní koncepce zůstala celkem nezměněná. I přesto, že šel vývoj malými krůčky kupředu, povedlo se konstruktérům ujit dlouhou cestu vývoje motocyklů od prvních parních strojů, až po dnešní závodní motocykly. V historii se objevilo i pár výjimek, kdy se použila úplně odlišná koncepce motorů. I na ně jsem se chtěl alespoň částečně zaměřit v mé práci. Ale hlavním cílem práce bylo vytvoření databáze motocyklových motorů a z ní udělat shrnutí trendů ve vývoji motocyklových motorů.

Zdrojem pro moji práci jsou internetové katalogy motocyklů, z kterých čerpám data pro mou databázi. Většina údajů nemohla být jen převzata, ale musel jsem je dohledávat kvůli nesrovnalostem v databázích, například uvedení ventilového rozvodu OHV, u dvoudobého motoru. Díky vytvoření této databáze mohu vytvořit grafy ukazující vývojové trendy parametrů motocyklových motorů.

# 1 Historie

V této kapitole se věnuji prvním motocyklům a jejich motorům. Také je věnována ranému vývoji motocyklových motorů.

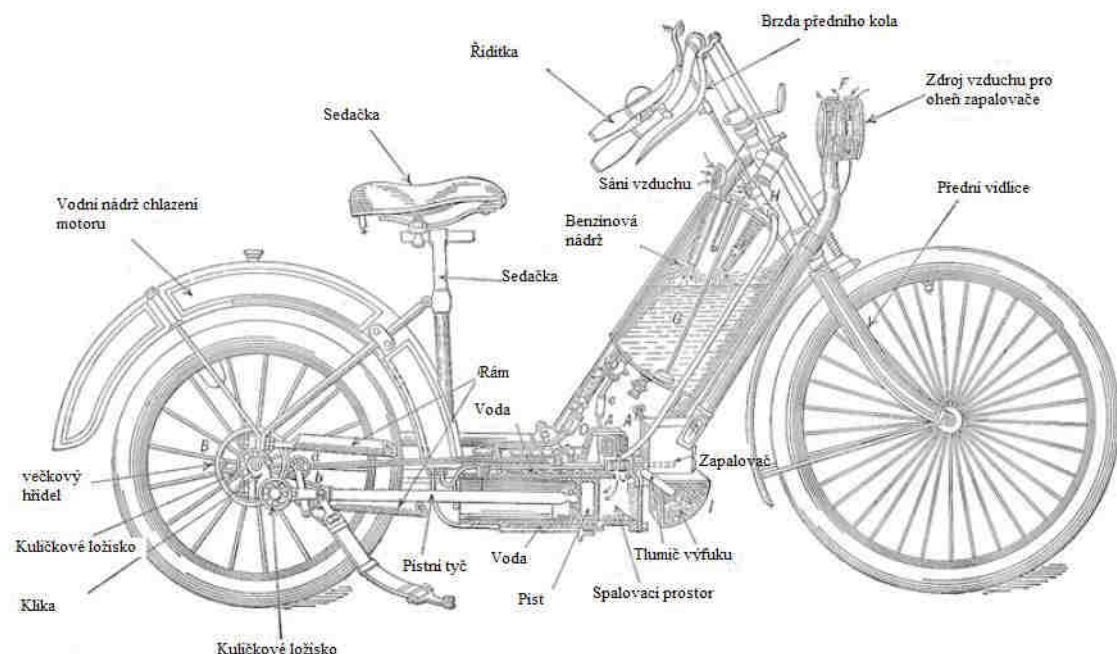
## 1.1 Historie motocyklů

Pokud za motocykl budeme považovat jednostopé vozidlo s dvěma koly poháněné motorem, tak první motocykl spatřil světlo světa v roce 1867. O toto prvenství se zasloužil francouzský továrník Michaux-Perreaux. Motocykl připomínal spíše bicykl s přidaným pohonem (Obr. 1), proto jsou tyto stroje nazývány „motokola“. Jako pohon využil parního stroje, ale první motokolo poháněné pístovým spalovacím motorem vzniklo v německém Stuttgartu, kdy strojní inženýr Gottlieb Daimler postavil dřevěný rám pro vyzkoušení svého vznětového motoru. Tento stroj nazval Reitwagen. První stroj, který nesl označení motocykl, byl také z Německa (Obr. 2).



Obr. 1: motocykl Michaux-Perreaux 1867 [21]

Tento stroj nazval Reitwagen. První stroj, který nesl označení motocykl, byl také z Německa (Obr. 2).



Obr. 2: motocykl Hildebrand-Wolfmüller [21]

Byl vyroben v roce 1893 v dílně pánů Hildebranda a Wolfmüllera (takže stroj byl nazván německy motorrad). Byl poháněn zážehovým čtyřdobým řadovým dvouválcovým motorem o zdvihovém objemu 1488 cm<sup>3</sup>. Ten dosahoval maximálního výkonu 1,84 kW při 240 ot/min. Motor byl chlazen vodou a k zažehnutí směsi byla použita dvojice rozžhavených platinových trubiček. K ovládání ventilů sloužily dvě ojnice, které byly poháněny zadním kolem. Začátkem 20. století začaly vznikat společnosti, které se specializovaly pouze na výrobu a vývoj motocyklů. Nejznámější z těchto společností jsou anglický Triumph a Royal-Enfield a americký Harley-Davidson a Indian. Indian byl do první světové války největším výrobcem motocyklů, po válce ho o prvenství připravil Harley-Davidson. První český motocykl postavili pánové Laurin a Klement, byl poháněn zážehovým pístovým spalovacím motorem s rozsahem maximálního výkonu 0,9 až 1,2 kW a „magneto“ zapalováním.

## 1.2 Historie dvoudobých motorů

Využití dvoudobého motoru pro motocykly přišlo, když v roce 1908 Angličan Alfred Angas Scott patentoval návrh motocyklu poháněného dvoudobým motorem (Obr. 3).



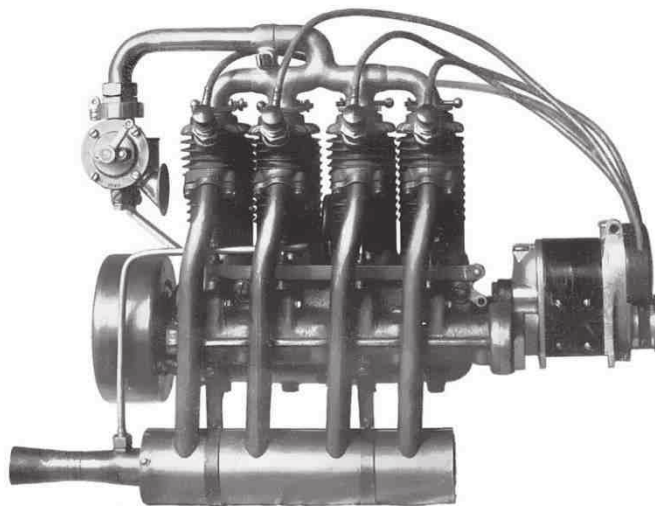
Obr. 3: Motocykl Scott 1908 [2]

Motocykl byl v mnoha ohledech revoluční a revoluční byl také jeho motor, který byl umístěn ve spodní části rámu. Jednalo se o zážehový dvouválcový řadový motor o objemu válců 450 cm<sup>3</sup>, který měl hlavu válců chlazenou vodou a válce vzduchem. Později byl celý motor chlazen vodou. Písty, které plnily funkci rozvodu vzduchu, byly opatřeny deflektorem a k výplachu pracovního prostoru byly použity tři vyplachovací kanálky na válec. Spouštění motoru bylo prováděno startovací pákou, která také patřila k patentům

A. Scotta. V roce 1911 začala firma používat u svých strojů rozvod rotačními šoupátky. Motocykly firmy Scott měly mnoho sportovních úspěchů, především pak v závodě Tourist Trophy. V roce 1932 si německý konstruktér Adolf Schnürle nechal patentovat vratné vyplachování motoru s třemi vyplachovacími kanálky a plochým pístem. Tento patent odkoupila v roce 1936 německá firma DKW, která ho používala pro své motocyklové a automobilové motory. Firma DKW používala výhradně dvoudobé motory a v roce 1928 se stala největším výrobcem motocyklů na světě. Roku 1939 firma Scott patentovala tzv. „boost“ kanálek.

### **1.3 Historie čtyřdobých motorů**

Po triumfu Hildebranda a Wolfmüllera se začaly motocykly více rozmáhat. A tak v roce 1901 vytvořili Francouzi Albert de Dion a Georges Bouton čtyřdobý zážehový motor pro pohon motocyklu. Ten dosahoval výkonu 0,37 kW a pracoval až do 1800 ot/min. Zdvihový objem motoru byl 127 cm<sup>3</sup>, ale ve skutečnosti dosahoval vyššího výkonu. Motor byl natolik úspěšný, že ho okopírovala spousta firem. Dalším krokem ve vývoji byl motocykl bratří Wernerů, kteří byli původně ruské národnosti. Koncem roku 1901 uvedli na trh motocykl, který měl motor umístěn nízko mezi koly, kde bylo poháněno zadní kolo. Tato koncepce určila směr pro motocykly 20. století. Motor o zdvihovém objemu 230 cm<sup>3</sup> s maximálním výkonem 1,1 kW byl vzduchem chlazený. Sací ventil byl ovládán samočinně podtlakem a výfukový ovládal vačkový hřídel. Směs se tvořila v konstrukčně



*Obr. 4: motor motocyklu FN four [9]*

jednoduchém karburátoru. V roce 1905 se rodí první „Super Bike“. Vzniká v belgické zbrojovce FN a nese označení FN four. Motocykl je poháněn zážehovým vzduchem chla-



zeným čtyřválcovým motorem o celkovém zdvihovém objemu 363 cm<sup>3</sup> (Obr. 4) a dosahuje výkonu 2,57 kW při 1800 ot/min. Později firma zvýšila objem u motoru až na 750 cm<sup>3</sup>. Další pokrok ve vývoji čtyř-dobých motorů přináší Harley-Davidson, který vyrábí motor s plně mechanicky ovládanými ventily. Dosavadní koncepce využívaly otevírání sacího ventilu pomocí pístu, kdy byl sací ventil umístěn nad výfukovým (rozvod IOE). Nový druh rozvodového mechanismu přichází v roce 1913, kdy americká firma Cyclone vyrábí motor s vačkovým hřídelem v hlavě válců (OHC). Motor je zážehový vzduchem chlazený vidlicový dvouválec s úhlem válců 45°. Zdvihový objem motoru je 1000 cm<sup>3</sup> a dosahuje výkonu 33 kW. O rok později tuto novinku vylepšuje Peugeot, který staví zážehový motor s dvěma vačkovými hřídeli v hlavě válců (DOHC) pro pohon závodního motocyklu. Vzduchem chlazený dvouválec o objemu 500 cm<sup>3</sup> má dokonce 4 ventily na válec.

## 2 Definice motocyklů

Motocykl je motorové vozidlo o dvou nebo třech kolech. Jejich pohotovostní hmotnost není větší než 400 kg. Tento název nezahrnuje mopedy. Dvoukolové motocykly a mopedy se označují též jako jednostopá motorová vozidla. Tříkolová vozidla, jejichž pohotovostní hmotnost je větší než 400 kg se posuzují jako automobily (dle ČSN 300024).

## 3 Rozdělení podle druhu motocyklu

Přehled jednotlivých skupin motocyklů podle konstrukce, do kterých jsou rozděleny motocykly v mém katalogu.

- **Cestovní silniční (CS):**



Jsou to motocykly, které jsou určeny pro jízdu na delší cesty a tomu odpovídá také pohodlí pro řidiče. Mohou být z části kapotované. Zpravidla nejsou určeny pro provoz v terénu a na polních cestách (obr. 5).

*Obr. 5: Ukázka Cestovního silničního motocyklu [13]*

- **Cestovní enduro (CE):**



Obr. 6: Ukázka cestovního endura [13]

Motocykl, který je určen pro jízdu na delší cesty a tomu odpovídá také pohodlí pro řidiče. Je vhodný i pro provoz v terénu a na polních cestách. (obr. 6).

- **Chopper (VC):**

Motocykl, u kterého se hledí spíše na vzhled než na pohodlí jezdce. Jsou určeny pro provoz na silnicích a dálnicích. Jeden z poznávacích prvků jsou více předkloněné přední vidlice (obr. 7).



Obr. 7: Ukázka Choppera [13]

- **Sportovní silniční (SS) :**



Obr. 8: Ukázka Sportovního silničního motocyklu [13]

Jsou to motocykly zpravidla kapotované. Jsou určeny ke sportovnější jízdě, proto se jich využívá při závodech WSBK (Mistrovství světa Superbiků). Jsou vyráběné sériově (obr. 8).

- **Sportovní terénní (ST) :**

Motocykly určené pro provoz v terénu a až na výjimky pro provoz mimo pozemní komunikace. Patří sem enduro a motokros. Jsou vyráběné sériově a používají se při terénních závodech (obr. 9).



Obr. 9: Ukázka Sportovního terénního motocyklu [13]

- **Sportovní motard (SM):**



Obr. 10: Ukázka Motarda [13]

Jde o upravené sportovní terénní motocykly pro provoz na pozemních komunikacích. Mají menší průměry kol než terénní a jsou opatřeny silničními pneumatikami (obr. 10).

## 4 Legislativní a sportovní omezení

Tato kapitola jedná o legislativních předpisech a sportovních předpisech, které upravují nebo omezují parametry motocyklových spalovacích motorů. Také o dopadu na jejich konstrukci. Všechny kategorie ukazují omezení pouze pro sériově vyráběné motocykly a plochou dráhu.

### 4.1 Legislativní omezení

Ze zákona o provozu na pozemních komunikacích nevyplývá žádné omezení motocyklů a jejich homologace, které by se týkalo motoru kromě emisního omezení. Všechny dnes vyráběné motocykly musí splňovat emisní normu Euro 3. Do budoucna přijde změna emisního omezení. Od roku 2016 musí všechny nové motocykly splňovat emisní normu Euro 4 a od roku 2020 budou muset splňovat normu Euro 5. Ale pro výrobce je důležité ještě jiné hledisko vyplývající ze zákona a to jsou řidičské kategorie.

Tab. 1: Legislativní omezení

| Řidičské skupiny      |                        |  |      |                 |
|-----------------------|------------------------|--|------|-----------------|
| skupina               | A1                     | A2   | A    | A2 do roku 2013 |
| objem                 | do 125 cm <sup>3</sup> | není   | není | není            |
| Výkon                 | do 11 kW               | do 35 kW   | není | do 25 kW        |
| poměr výkon/hmotnosti | 0,1 kW/kg              | 0,2 kW/kg  | není | 0,16 kW/kg      |
| jiné omezení          | není                   | neplatí pro motocykly, které byly upraveny z motocyklu s více než dvojnásobným výkonem | není | není            |

Jak je patrné z tabulky (Tab. 1) tak nejpřísnější omezení je u nejnižší kategorie A1, kde se musí brát ohled kromě výkonu a hmotnosti motocyklu i na zdvihový objem motoru. Další kategorie jsou omezené už jen výkonem a hmotností motocyklu. V posledním sloupečku tabulky (Tab. 1) je uvedena změna, která přišla v roce 2013, kdy se umožnilo řízení motocyklů s vyšším výkonem pro skupinu A2.

## 4.2 Sportovní omezení

Sportovní předpisy, které omezují konstrukci motocyklových motorů, vycházejí z předpisů mezinárodní motocyklové organizace FIM. Omezení používaných motorů nezaznamenala za poslední dobu žádné výrazné změny.

### 4.2.1 Silniční závody

Tab. 2: Omezení závodů silničních motocyklů

| Závody silničních motocyklů |                           |  |  |
|-----------------------------|---------------------------|--|--|
| kategorie                   | 125 SP                    | Superstock 600   | Superstock 1000  |
| objem                       | 80 až 125 cm <sup>3</sup> | 401 cm <sup>3</sup> až 600 cm <sup>3</sup> 4-válce   | 750 cm <sup>3</sup> až 1000 cm <sup>3</sup> 4-válce  |
| počet válců                 | 1                         | 401 cm <sup>3</sup> až 675 cm <sup>3</sup> 3-válce<br>401 cm <sup>3</sup> až 750 cm <sup>3</sup> 2-válce | 750 cm <sup>3</sup> až 1000 cm <sup>3</sup> 3-válce<br>850 cm <sup>3</sup> až 1200 cm <sup>3</sup> 2-válce |
| palivo                      | bezolovnatý benzín        | bezolovnatý benzín   |  |
| náplně (chladicí kapalina)  | min. 2 l                  | neomezeno  | neomezeno  |
| kompresní poměr             | max. 13,5:1               | max. 13,5:1  | max. 13,5:1  |
| počet dob                   | neomezeno                 | 4  | 4  |
| příprava směsi              | neomezeno                 | vstřikování  | vstřikování  |
| chlazení                    | neomezeno                 | voda   | voda   |

V tabulce (tab. 2) jsou jednotlivé kategorie závodů silničních motocyklů, které vycházejí ze sériových motocyklů. Většina částí motocyklu musí zůstat homologovaná a původní. Co se motoru týká, může se změnit průměr trysek vstřikovače, vzduchový filtr a kompresní poměr. Při úpravě řídicí elektroniky jsou dvě možnosti, buďto ponechání původní řídicí jednotky se změněnou palivovou mapou nebo výměna za jinou homologovanou jednotku. Jak je vidět, podle počtu válců jsou určitá objemová omezení. Se snižujícím se počtem válců se zvyšuje dovolený objem. Je také patrné, že v závodech superstock je vyloučené chlazení vzduchem a olejem a vzduchem.

### 4.2.2 Terénní závody

Omezení platí pro všechny druhy terénních závodů jako je motokros, enduro, cross country a čtyřkolky. U všech druhů terénních závodů jsou stejné kategorie a mění se jen druh trati.

Tab. 3: Omezení terénních motocyklů

| Závody terénních motocyklů |   |   |   |
|----------------------------|---|---|---|
| kategorie                  | MX 2  | MX 1  | MX 3  |
| objem                      | 100 cm <sup>3</sup> až 200 cm <sup>3</sup> 2-dobé | 175 cm <sup>3</sup> až 250 cm <sup>3</sup> 2-dobé | 175 cm <sup>3</sup> až 500 cm <sup>3</sup> 2-dobé |
| počet dob                  | 175 cm <sup>3</sup> až 250 cm <sup>3</sup> 4-dobé | 290 cm <sup>3</sup> až 450 cm <sup>3</sup> 4-dobé | 290 cm <sup>3</sup> až 650 cm <sup>3</sup> 4-dobé |
| palivo                     | bezolovnatý benzín                                |   |   |

U terénních závodů nejsou pravidla pro konstrukci motorů tak přísná jako u silničních závodů, ale jsou zde povolené stejné úpravy. Avšak změna nastává v objemovém omezení, které už je závislé na počtu dob motoru. Čtyřdobé motory mohou mít vyšší zdvihový objem v dané kategorii než dvoudobé motory. A opět zde platí použití pouze bezolovnatého benzínu s libovolným oktanovým číslem.

Tab. 4: Omezení supermoto

| Supermoto |  |                        |   |
|-----------|--|------------------------|---|
| Kategorie | Supermoto 1  | Supermoto 2            | Junior  |
| Objem     | 2-dobé do 300 cm <sup>3</sup><br>4-dobé do 750 cm <sup>3</sup> | do 750 cm <sup>3</sup> | 2-dobé do 85 cm <sup>3</sup><br>4-dobé do 150 cm <sup>3</sup> |
| počet dob |  | není                   |   |
| palivo    | bezolovnatý benzín   |                        |   |

Zde se musí ještě uvést závody Supermoto které, vycházejí z terénních závodů a jsou zde obdobná omezení. Zde je ale možné použít vyšších zdvihových objemů.

### 4.2.3 Plochá dráha

Plochá dráha má nejpřísnější pravidla, jak je patrné z tabulky (Tab. 5). Kategorie 80 a 125 vycházejí z motocyklů určených pro veřejnou obchodní síť. A motor pro kategorii 80 dokonce musí zůstat nezměněný, tak jak ho vyrobil výrobce.

Tab. 5: Omezení ploché dráhy

| Plochá dráha              |                        |                        |  |  |
|---------------------------|------------------------|------------------------|--|--|
| kategorie                 | krátká a dlouhá        | ledová                 | 80                                       | 125  |
| objem                     | do 500 cm <sup>3</sup> | do 500 cm <sup>3</sup> | 50 cm <sup>3</sup> až 80 cm <sup>3</sup> | 100 cm <sup>3</sup> až 125 cm <sup>3</sup> |
| počet válců               | 1                      | 1                      | 1  | 1  |
| palivo                    | metanol                | metanol                | bezolovnatý benzín                       | bezolovnatý benzín nebo metanol            |
| počet dob                 | 4                      | 4                      | 2  | není                                       |
| příprava směsi            | karburátor             | karburátor             | karburátor                               | není                                       |
| chlazení                  | vzduch                 | vzduch                 | není                                     | není                                       |
| počet ventilů             | max. 4                 | 2                      | není                                     | není                                       |
| Počet zapalovacích svíček | 1                      | 1                      | 1  | 1  |

U královských tříd ploché dráhy je výrobce omezen nejvíce. Nejčastěji jsou zde vyráběny čtyřdobé motory o objemu zhruba 500 cm<sup>3</sup> a s jednou svíčkou na válec. Pak podle určení jsou buďto dva ventily na válec pro ledovou plochou dráhu, nebo čtyři ventily na válec pro krátkou a dlouhou plochou dráhu. Nejzvláštnějším omezením, typickým pro plochou dráhu je použití výhradně metylalkoholu jako paliva.

## 5 Netradiční koncepce motocyklových motorů

V kapitole popisují netradiční koncepce motocyklů, které vznikly většinou jako snaha dosáhnout lepších výsledků v motocyklových závodech. Bohužel většina konstrukcí se příliš neuchytila. Jsou dnes používány buďto u prototypů, nebo v omezených limitovaných sériích. Po konzultaci s vedoucím bakalářské práce, jsem tyto motory neuváděl v katalogu.

### 5.1 Motor s oválnými písty

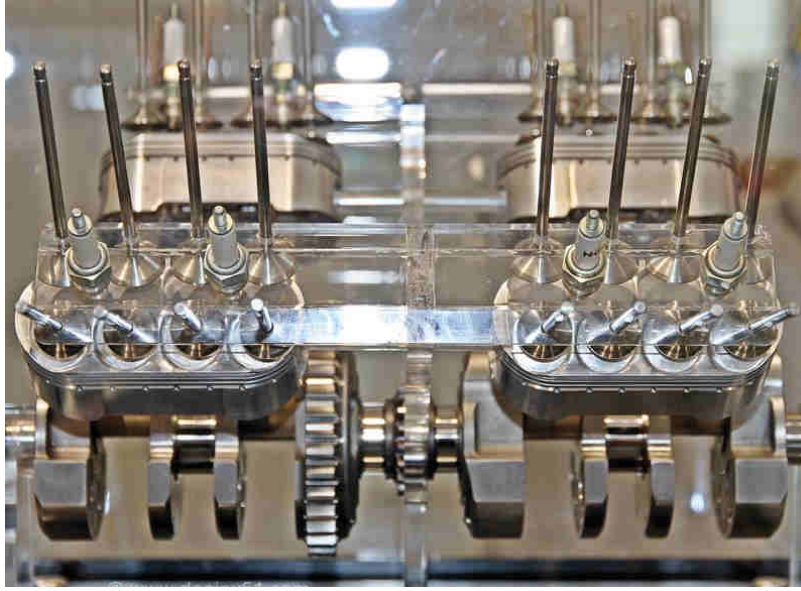


Obr. 11: Hlava Válců Honda NR500 (pohled zespodu) [11]

Vývoj tohoto motoru začal v roce 1977, kdy japonská firma Honda na mistrovství světa silničních motocyklů v nejvyšší kategorii GP 500 ( motocykly s maximálním zdvihovým objemem 500 cm<sup>3</sup>). V těchto letech této kategorii kralovaly motocykly s dvoudobými motory, a Honda chtěla vytvořit čtyřdobý motor, který by výkonově převyšoval dvoudobé motory ostat-

ních výrobců. Honda měla před sebou nelehký úkol, dvoudobý motor má teoreticky dvojnásobný výkon, protože má pouze jednu otáčku klikového hřídele na jeden pracovní zdvih. Jediné řešení bylo použít osmiválcový motor, ale to nedovolovala tehdejší pravidla, která omezovala maximální počet válců na 4. Honda pověřila vývojem tohoto motoru konstruktéra Soichiro Irimajiri, který se svým týmem vymyslel motor s písty oválného tvaru (obr. 12). To umožnilo lepší vyplachování motoru, protože motor měl 8 ventilů na válec a díky větší ploše pístů mohl mít menší zdvih, což umožňovalo motoru dosahovat v té době neuvěřitelných 23 000 ot/min (dvoudobé motory dosahovaly polovičních otáček). Motor byl vodou chlazený vidlicový čtyřválec s úhlem válců 100°, který měl dvě ojnice na jeden píst (celkem tedy 8 ojnic). Motor byl vidlicový kvůli snížení vibrací motoru. O přípravu směsi se staralo 8 karburátorů a k zapálení směsi byly použity 2 svíčky na válec. Rozvod motoru byl DOHC pomocí ozubených kol a motor měl celkem třicet dva ventilů.

Motor měl snížený počet ložisek na klikovém hřídeli z důvodu snížení třecích odporů klikového mechanismu (obr. 12). Bohužel tato netradiční koncepce kladla veliké nároky na přesnost výroby pístních kroužků a ojnic, proto první dva použité motocykly roku 1979 nedojely do cíle.



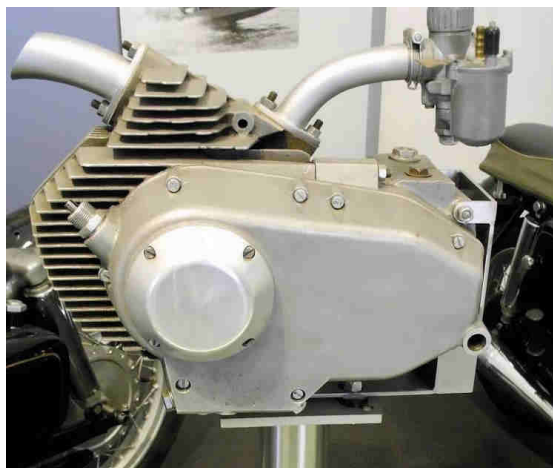
*Obr. 12: Klikový mechanismus Hondy NR [11]*

Později však tento problém Honda vyřešila použitím lepších materiálů. Při vývoji motoru v laboratoři byl použit jednoválcový prototyp motoru. První verze motoru měla nižší výkon, než se předpokládalo, a nedosahoval ani takových výkonů jako konkurenční dvoudobé motory. Maximální výkon tohoto motoru, který nesl tovární označení X0, byl 84 kW (115 koní) při 17 500 ot/min. V roce 1982 byl použit vylepšený motor, který nesl označení 2X a dosahoval maximálního výkonu 96 kW při 19 500 ot/min. Bohužel i přes snahu Hondy bylo nejlepším dosaženým výsledkem motocyklu 13 místo v sezóně 1981. Rokem 1993 skončila krátká éra tohoto motoru, když Honda nasadila motocykl s dvoudobým motorem s označením NS500. Návrat tohoto motoru byl v roce 1992, kdy Honda uvedla na trh Motocykl Honda NR, označení motoru bylo RC40. Došlo k zvýšení zdvihového objemu na 747,7 cm<sup>3</sup>, vrtání mělo dva rozměry-101,2mm x 50,6mm a zdvih byl 42 mm. Došlo ke změně úhlů válců na 90°. Kompresní poměr byl 11,7:1 a bylo použito osm vstřikovačů s označením PGM-F1. Motor dosahoval maximálního výkonu 117 kW při 15 500 ot/min a maximální točivý moment byl 66 Nm při 14 000 ot/min.



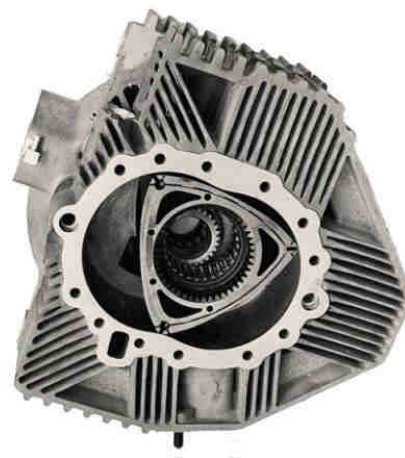
## 5.2 Wankelův motor

U klasického pístového spalovacího motoru je problémem dosáhnout vyvážení motoru, protože je zde vratný pohyb pístů s ojnícemi. Proto se lidé pokoušeli o vytvoření motoru, kde by všechny součásti motoru rotovaly, a nebyl by takový problém s vyvážením. To se povedlo německému konstruktérovi Felixi Wankelovi v roce 1957 (odtud Wankelův motor), když vytvořil první prototyp tohoto motoru pro automobilku NSU.



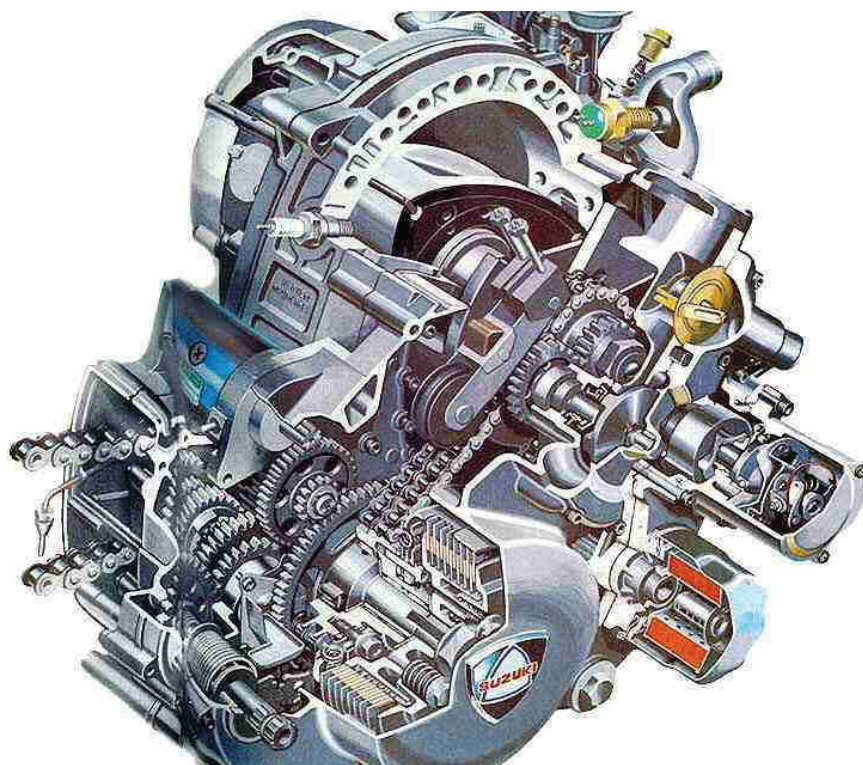
*Obr. 13: První Wankelův motocyklový motor [38]*

Základní princip tohoto motoru je v excentricky rotujícím trojbokém pístu, který vykonává svůj pohyb ve skříni epitrochoidního tvaru. Píst je v neustálém kontaktu se stěnami skříně svými třemi vrcholy, tím vznikají tři oddělené pracovní prostory motoru. Podobně jako u dvoudobého motoru se o rozvod stará pohyb pístu. Díky této konstrukci vzniká motor, který jde snadno vyvážit, kvůli lepšímu vyvážení se používají dva rotační písty a dvě komory. Další výhody tohoto motoru jsou malé rozměry motoru a relativně vysoký výkon při nízké hmotnosti motoru. Bohužel nevýhody, jako jsou např. obtížné těsnění pracovních prostorů a tím i snížená životnost motoru, vysoká spotřeba paliva a oleje a vysoké tepelné ztráty, převyšují výhody tohoto motoru. I přes tuto bilanci výhod a nevýhod se pokusili výrobci motocyklů použít Wankelův motor pro své stroje. První byla německá firma MZ. V roce 1960 použila stávající motocykl s označením BK351, kde byl vyměněn původní dvoudobý motor za vodou chlazený jedno-rotorový Wankelův motor o objemu 175 cm<sup>3</sup> (Obr. 13). Tento motor nesl označení MZ KKM 175W a dosahoval maximálního výkonu 17,6 kW, což byl téměř dvojnásobek



*Obr. 14: Spalovací prostor Hercules W2000 [38]*

předchozího dvoudobého motoru. Firma MZ vyrobila ještě jeden prototyp v roce 1965, motor měl stejný objem, ale byl chlazen vzduchem a měl označení MZ KKM 175L. Další, kdo použil Wankelův motor, byla v roce 1975 firma Hercules se strojem W2000 (Obr. 14), který představila na motocyklové výstavě v Německu. Motocykl sklídl na výstavě veliký úspěch, proto se ho rozhodla firma vyrábět sériově, prodalo se okolo 1800 kusů. Tento motocykl poháněl vzduchem chlazený jedno-rotorový Wankelův motor o objemu 294 cm<sup>3</sup> s maximálním výkonem 18,3 kW. Wankelův motor zkoušelo použít hodně výrobců motocyklů, mezi nejznámější patří Suzuki (obr. 14), Honda, Kawasaki, Yamaha, Moto Guzzi, BSA.



*Obr. 15: Wankelův motor od firmy Suzuki [4]*

Největší úsilí vynaložila firma Norton, která vytvořila deset modelů motocyklů, ve kterých bylo použito osm různých modifikací Wankelova motoru. Norton jako jediná motocyklová firma stále používá Wankelův motor. Firma chce opět použít Wankelův motor pro silniční závody, pracuje tedy na motocyklu s označením NRV588. Koncepce vychází z motoru, který používala v roce 1994 pro závody stáj Duckhams motor. Základní princip motoru zůstal stejný, jedná se o dvou-rotorový vodou chlazený motor s kompresním poměrem 9,6:1 o objemu 588 cm<sup>3</sup>. Motor je ale vybaven vstřikováním paliva, o které se stará elektronická řídicí jednotka a proměnlivé sání motoru, které se zkracuje nebo pro-

dlužuje plynule v rozsahu 120 mm pro dosažení lepšího průběhu výkonu a točivého momentu. S těmito úpravami dosahuje motor maximálního výkonu 121 kW při 11 450 ot/min a točivého momentu 108,5 Nm při 8 200 ot/min.

### 5.3 Přepřňované motocykly

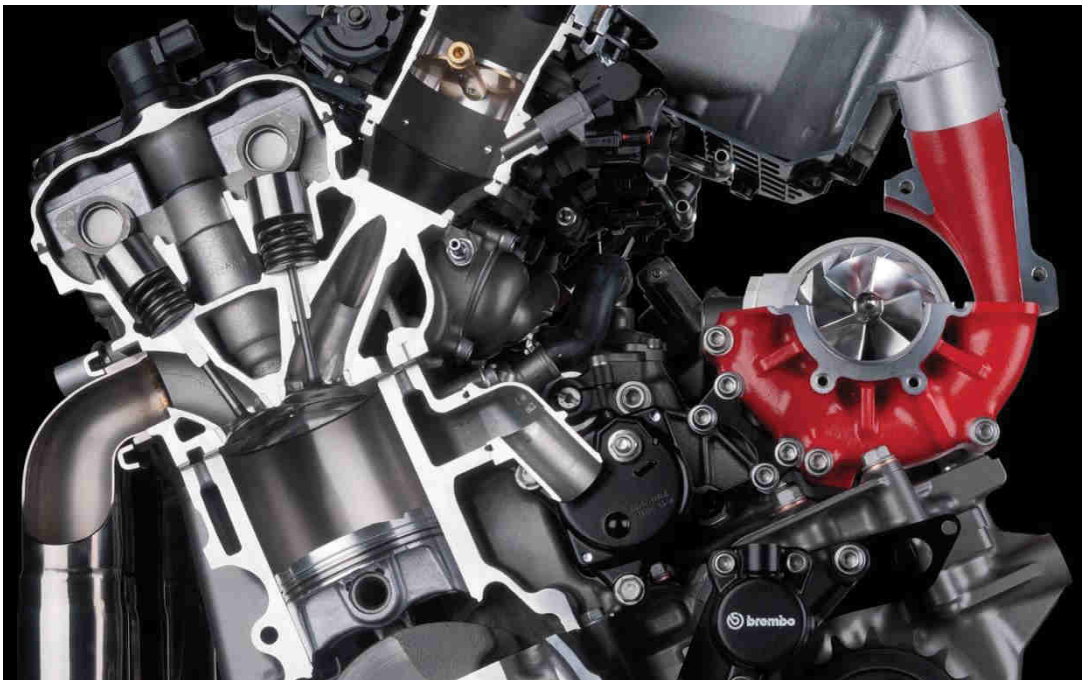
Další skupina motocyklových motorů s netypickou konstrukcí, je odlišná svým přepřňováním pomocí turbodmychadla. Hlavní popud k vytvoření přepřňovaných motocyklů byl fakt, že všechny ostatní automobilové závody v 70. a 80. letech minulého století ovládly přepřňované stroje. V historii motocyklů se pokusili o přepřňování pouze čtyři velcí výrobci Yamaha, Kawasaki, Honda a Suzuki. První byla Kawasaki se svým modelem Z1R-TC (obr. 16), který představila v roce 1978. Jednalo se o řadový čtyřválec chlazený vzduchem, o objemu 1015 cm<sup>3</sup>. Díky svému přepřňování dosahoval maximálního výkonu 96 kW. Použité turbodmychadlo přepřňovalo tlakem v rozmezí 41,5 kPa až 69 kPa.



Obr. 16: Umístění turbodmychadla na Kawasaki Z1R-TC [6]

Prvním sériově vyráběným motocyklem se, ale stala Honda CX500TC, které se vyrobilo přes 5000ks. Motocykl poháněl motor o objemu 475 cm<sup>3</sup> a dosahoval výkonu 60,5kw při 8000 ot. /min. Rozvod dvouválcového vidlicového zážehového motoru byl OHV a kompresní poměr byl 7,3:1. Další výrobce, který zkusil vyrobit přepřňovaný motocykl, byla Yamaha v roce 1982 s modelem XJ 650 LJ Seca Turbo. Konstrukce vycházela z již existujícího motocyklu XJ 650. Přidáním turbodmychadla, které vyvíjelo tlak zhruba 0,8 kPa a zvýšili tak výkon na 52,5 kW.

Poslední byla Suzuki v roce 1983 s motocyklem XN85D Turbo, který byl také upraven z modelu GS 750. Motor byl řadový čtyřválec o objemu 673 cm<sup>3</sup> s rozvodem DOHC a byl chlazen olejem a vzduchem. Maximální výkon motocyklu byl 63,5 kW při 8000 ot./min. a točivý moment 76 Nm při 6500 ot./min. Bohužel spolehlivost těchto strojů nebyla velká, takže výrobci od přeplňování nakonec po šesti letech upustili. Do dnešních dnů se zachovalo jen málo kusů. Ale v roce 2015 Kawasaki, k výročí jejich počátku výzkumu přeplňovaných motorů, vyrobila v limitované edici motocykl Ninja H2R. Motocykl pohání přeplňovaný řadový čtyřválec o objemu 998 cm<sup>3</sup> chlazený vodou (obr. 17). Motor je přeplňován mechanicky poháněným dmychadlem s plnicím tlakem 0,24 MPa. Rozvod motoru je DOHC s čtyřmi ventily na válec který má vrtání 76 mm a pracovní zdvih 55 mm. Motor dosahuje výkonu 228 kW při 14000 ot./min. a točivého momentu 165 Nm při 12500 ot./min.



*Obr. 17: motor Kawasaki Ninja H2R v řezu [14]*

## 5.4 Megola

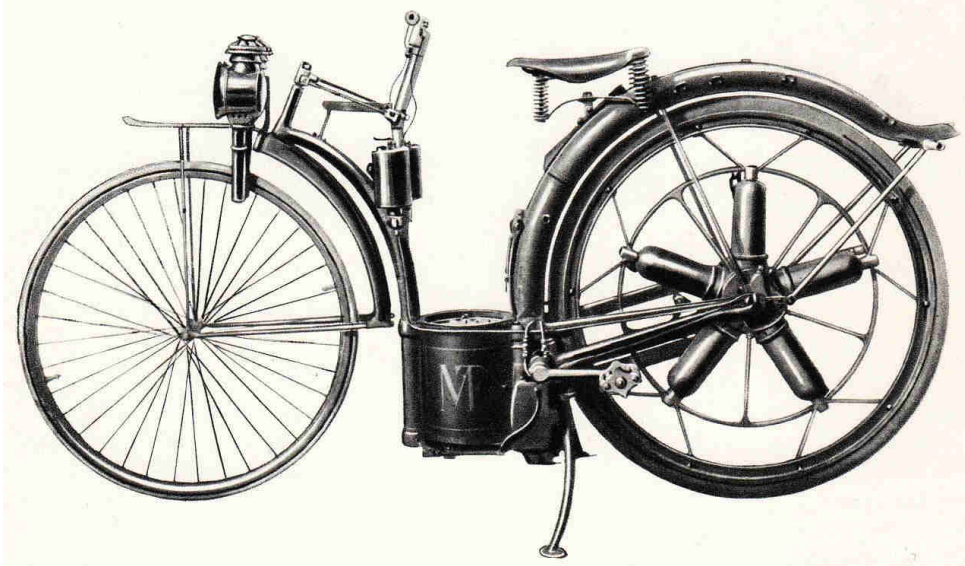
Poslední atypická konstrukce motoru, kterou se budu zabývat, pochází od německých konstruktérů Hanse Maixnera, Otto Landgrafa a Fridrich Gockerell (vl. jm. Fritz Cocckerella). Odtud také pochází název tohoto motocyklu „Megola“. Motocykl poháněl pěti válcový hvězdicový čtyřdobý motor (Obr. 18) s úhly válců  $72^\circ$  o celkovém objemu  $640 \text{ cm}^3$ .



*Obr. 18: Motor motocyklu Megola [25]*

Každý válec měl tedy objem  $128 \text{ cm}^3$  s vrtáním  $52 \text{ mm}$  a zdvihem  $60 \text{ mm}$ . Rozvod motoru byl SV s dvěma ventily na válec. Krom této netradiční koncepce motoru bylo netradiční ještě umístění motoru. Motor byl totiž umístěn v předním kole motocyklu. Motor byl takřka vpleten do předního kola, proto se při opravě motoru nebo při úpravách motoru muselo přední kolo rozplést. Přípravu směsi zajišťoval jeden karburátor, který byl umístěn na pravé straně pod osou kola. Směs byla dopravována do jednotlivých válců skrze klikovou hřídel, která byla dutá. Na levé straně bylo umístěno zapalování motoru. Při této koncepci motor rotoval spolu s předním kolem. To pomáhalo vzduchem chlazenému motoru v jeho chlazení, bohužel nevýhody byly větší. Vysoká hmotnost rotujících hmot, při rotaci motoru byl větší aerodynamický odpor motocyklu, složitost konstrukce a bohužel nízká životnost motoru. To bylo ovlivněno hlavně tím, že motor nebyl odpružen, takže příliš časté a silné rázy motoru vysoce snižovaly životnost. Nízké životnosti nasvědčuje

i to, že ze zhruba 2000 prodaných kusů se dochovalo pouze deset motocyklů. Tato netradiční koncepce ale slavila na závodní dráze úspěchy. V roce 1923 jezdec Toni Bauhofer dostal mistrovský německý titul, když se svým motocyklem Megola při jednom závodě, porazil všechny stroje firmy BMW. K tomuto vítězství dopomohl jeho zvýšený maximální výkon pro závody 18,4 kW při 6800 ot/min, který byl zvýšen z 10 kW při 4300 ot/min. Dříve se o podobnou konstrukci pokoušel v roce 1888 Francouz Felix Millet,



*Obr. 19: Koncept motocyklu Felixe Milleta [24]*

který umístil hvězdicový motor do zadního kola, ale jednalo se pouze o prototyp (Obr. 19).

## 6 Databáze

Databáze je vytvořena za pomoci internetových katalogů motocyklů. Motory v katalogu jsou uvedeny v první rok jejich použití. Do katalogu jsem nekládal motory, u kterých chyběly důležité parametry motoru. Po konzultaci s vedoucím bakalářské práce, jsem neuváděl do katalogu čtyřkolky. U čtyřkolek výrobci neuvádí základní parametry motoru (např. točivý moment) nebo použitý motor byl již dříve použit v motocyklech.

### 6.1 Indexy Databáze

Popis indexů použitých v databázi včetně výpočtů a vysvětlení použitých zkratk:

#### 6.1.1 Poměr zdvihu a vrtání

Tento poměr ukazuje tvar spalovacího prostoru pístového spalovacího motoru. Také nám rozděluje motory do třech skupin.

Tab. 6: Dělení motorů dle poměru zdvih/vrtání

| SKUPINA      | POMĚR     |                    |
|--------------|-----------|--------------------|
| NADČTVERCOVÉ | $\xi > 1$ | ( zdvih > vrtání ) |
| ČTVERCOVÉ    | $\xi = 1$ | ( zdvih = vrtání ) |
| PODČTVERCOVÉ | $\xi < 1$ | ( zdvih < vrtání ) |

Pokud bychom porovnali nadčtvercové a podčtvercové motory, došli bychom k závěru, že větší střední pístovou rychlost a větší točivý moment mají nadčtvercové motory, ale jejich nevýhodou je mohutnější konstrukce.

$$\xi = \frac{Z}{D} \quad [-] \quad (1)$$

### 6.1.2 Střední pístová rychlost

Střední pístová rychlost je důležitý technický parametr, který určuje rychloběžnost motoru. Motory s vyšší střední pístovou rychlostí jsou více namáhány, protože na jednotlivé části klikového mechanismu působí větší setrvačné síly. U běžných motorů dosahuje velikosti 10-12 m/s, motocyklové motory dosahují téměř dvojnásobné střední pístové rychlosti.

$$c_s = \frac{Z \cdot n}{30} \quad [m/s] \quad (2)$$

### 6.1.3 Střední efektivní tlak ( $p_e$ )

Jedná se o fiktivní veličinu, která nám může ukázat energetické využití zdvihového objemu pístového spalovacího motoru a tím i kvalitu jeho technického provedení. Díky této hodnotě můžeme objektivně srovnávat provedení pístových spalovacích motorů.

$$p_e = M_t \cdot \frac{k \cdot 2 \cdot \pi}{V_z \cdot 1000} \quad [MPa] \quad (3)$$

- Střední efektivní tlak lze vypočítat i z výkonu motoru:

$$p_e = \frac{P_e \cdot k \cdot 60}{V_z \cdot n} \quad [MPa] \quad (4)$$

$P_e$     ...    Výkon motoru [kW]



### 6.1.4 Litrový výkon

Litrový výkon je další měrná veličina, podle které můžeme porovnávat technickou úroveň vyspělosti pístových spalovacích motorů. Je vyjádřen poměrem výkonu motoru a zdvihového objemu motoru

$$P_L = \frac{P_e}{V_Z} \text{ [kW/dm}^3\text{]} \quad (5)$$

### 6.1.5 Chlazení

Označování druhu chlazení v databázi podle druhu chladícího média:

Tab. 7: Značení druhů chlazení

| ZNAČENÍ | DRUH CHLAZENÍ     |
|---------|-------------------|
| W       | vodou             |
| A       | vzduchem          |
| A/O     | vzduchem a olejem |

### 6.1.6 Ventilový rozvod

Označování druhu ventilového rozvodu použité v databázi:

Tab. 8: Značení druhu ventilového rozvodu

| ZNAČENÍ | DRUH ROZVODU   |
|---------|--|
| DESMO   | desmodromický rozvod                                   |
| DOHC    | dvojice vačkových hřídelů umístěných v hlavě válců     |
| MEM     | sání motoru je ovládáno membránou, pro dvoudobé motory |
| OHC     | vačkový hřídel umístěn v hlavě válců                   |
| OHV     | vačkový hřídel umístěn v bloku motoru                  |

### 6.1.7 Uspořádání

Značení konstrukčního uspořádání motocyklového motoru:

Tab. 9: Značení druhů uspořádání

| ZNAČENÍ  | KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ  |
|----------|--|
| <b>B</b> | dvouválcový ležatý motor s protiběžnými písty tzv. „Boxer“                 |
| <b>L</b> | vidlicový motor s úhly válců 90°, kdy jeden válec téměř leží a druhý stojí |
| <b>R</b> | řadový motor   |
| <b>S</b> | stojatý jednoválcový motor   |
| <b>U</b> | motor se dvěma klikovými hřídeli   |
| <b>V</b> | vidlicový motor  |

### 6.1.8 Palivo

Současná paliva, která výrobce doporučuje používat:

Tab. 10: Značení druhů paliva

| ZNAČENÍ    | DRUH PALIVA   |
|------------|---|
| <b>M</b>   | metylalkohol  |
| <b>B91</b> | benzín automobilový bezolovnatý podle normy ČSN EN 228, oktanové číslo 91, značení BA-91 NORMAL |
| <b>B95</b> | benzín automobilový bezolovnatý podle normy ČSN EN 228, oktanové číslo 95, BA-95 NATURAL        |
| <b>SS</b>  | benzín automobilový bezolovnatý podle normy ČSN EN 228, oktanové číslo 98, BA-98 SUPERPLUS      |

### 6.1.9 Uložení motoru

Poloha osy klikového hřídele motoru k poloze osy motocyklu:

Tab. 11: Značení uložení motoru

| ZNAČENÍ  | DRUH ULOŽENÍ                         |
|----------|--------------------------------------|
| <b>S</b> | Uložení podélné, osy jsou rovnoběžné |
| <b>P</b> | Uložení příčné, osy jsou kolmé       |

### 6.1.10 Systém přípravy směsi

Označování druhu přípravy směsi použité v katalogu:

| ZNAČENÍ | DRUH PŘÍPRAVY SMĚSI   |
|---------|---|
| K       | Příprava směsi pomocí karburátoru   |
| I       | Příprava směsi realizována pomocí vstřikování paliva (u motocyklů se jedná zpravidla o MPI) |

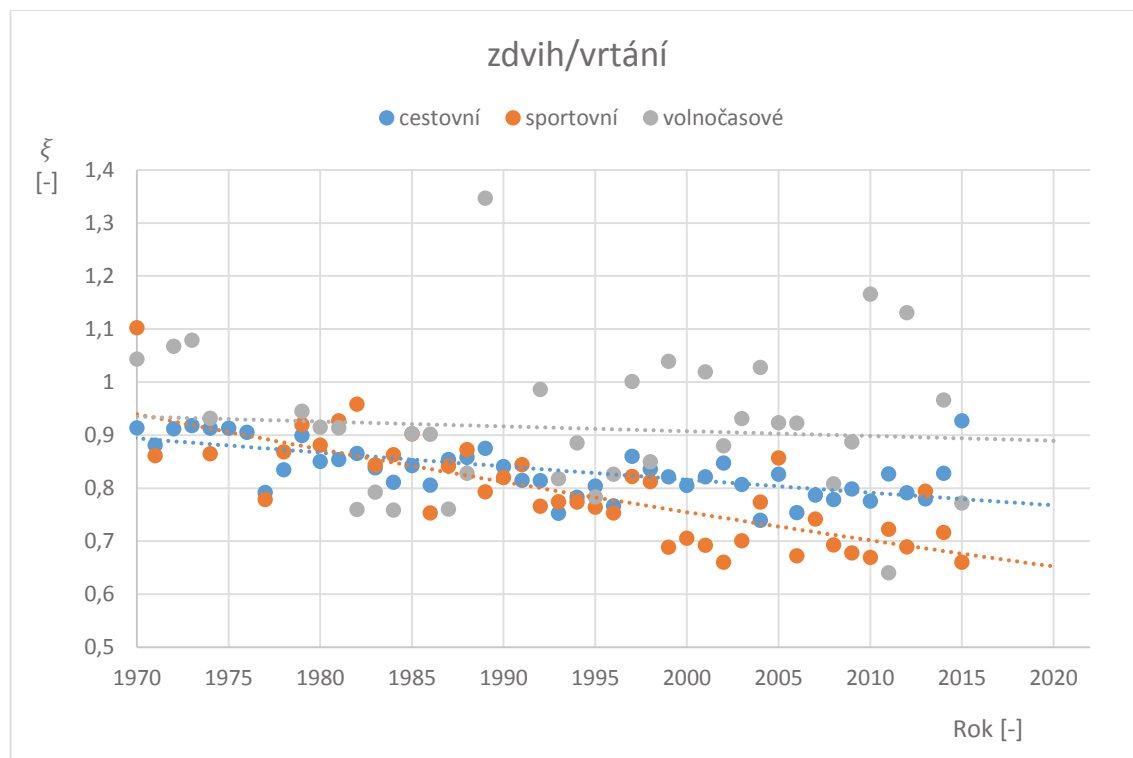
## 6.2 Vývojové trendy

Tato kapitola je věnována grafům, které jsou výsledkem vytvořené databáze motocyklů. Grafy ukazují mnou zjištěné vývojové trendy motocyklů s výhledem do budoucna.

### 6.2.1 Metodika

Grafy, které odkazují na dopočítávané parametry motorů, jsou vytvořeny na základě průměrů hodnot v jednotlivých letech. Zbylé grafy jsou vytvořeny na základě procentuálního zastoupení parametru v každém roce a jsou rozděleny podle druhů motocyklů.

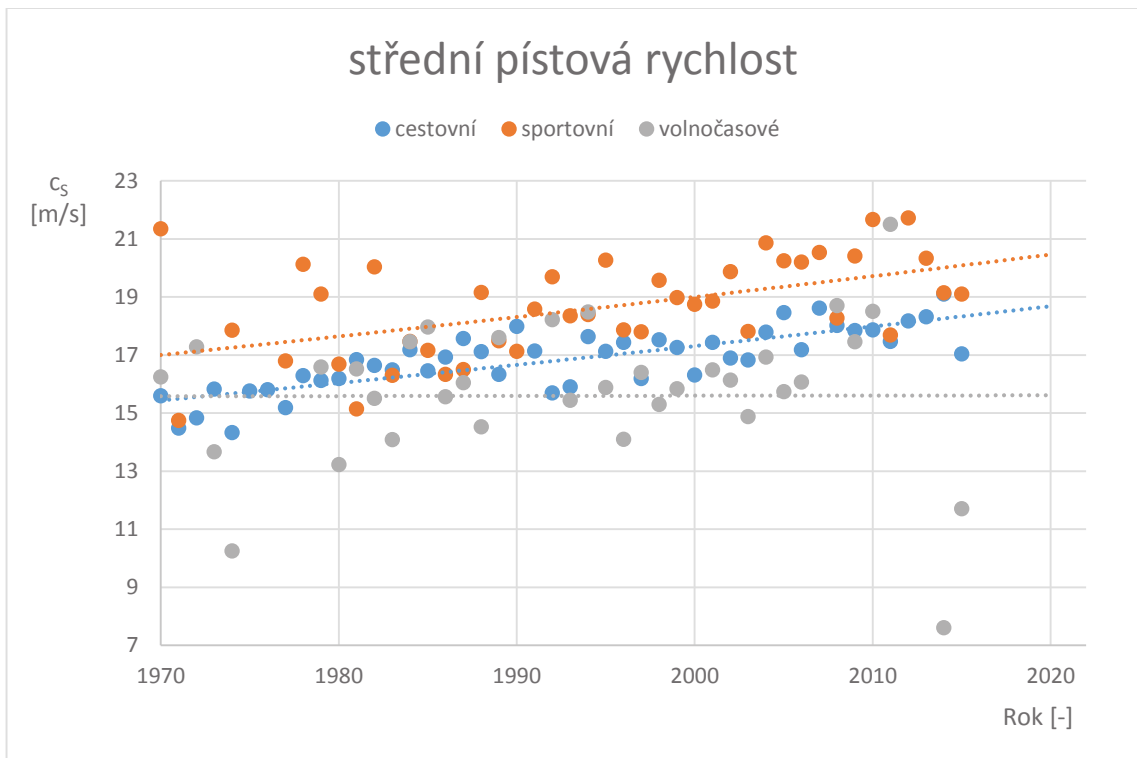
## 6.2.2 Poměr zdvihu a vrtání



Graf 1: Trend vývoje poměru zdvihu a vrtání

Z grafu je patrné, že trendem je snižování tohoto poměru. U sportovních a cestovních motocyklů je tento trend výraznější, je to způsobeno vyššími nároky na zvyšování výkonu sportovních a cestovních motocyklů. Zvýšení výkonu je dosaženo zvýšením otáček motocyklu, proto je snižován zdvih motoru. Jak je z grafu zřejmé, jsou motory pro sportovní a cestovní motocykly v zásadě podčtvercové. U volnočasových motocyklových motorů je více motorů podčtvercových, ale i nadčtvercové motory zde mají silné zastoupení.

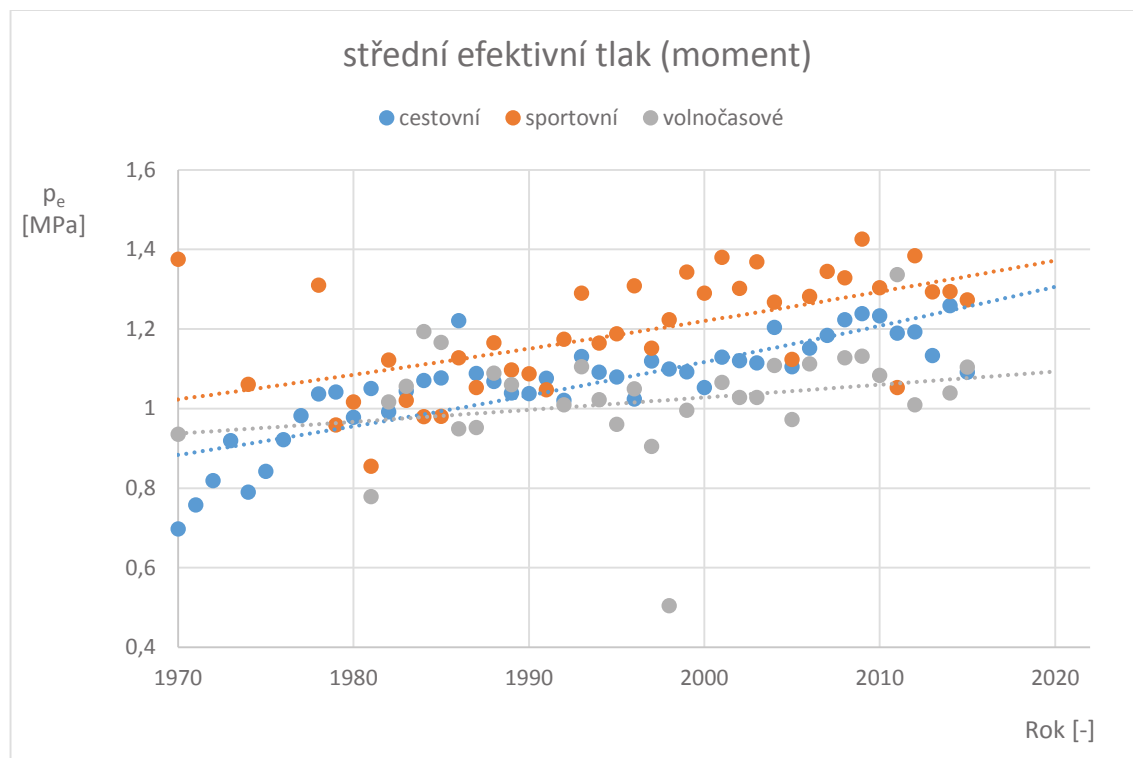
### 6.2.3 Střední pístová rychlost



Graf 2: Trend vývoje střední pístové rychlosti

Střední pístová rychlost se u motocyklů zvyšuje. Je to zapříčiněno zvyšujícími se otáčkami motocyklových motorů za snahy dosažení vyššího výkonu. Zvýšení otáček je možné docílit díky lepším materiálům, přesnosti výroby a dokonalejší přípravě směsi. U volnočasových motocyklů se střední pístová rychlost téměř nemění.

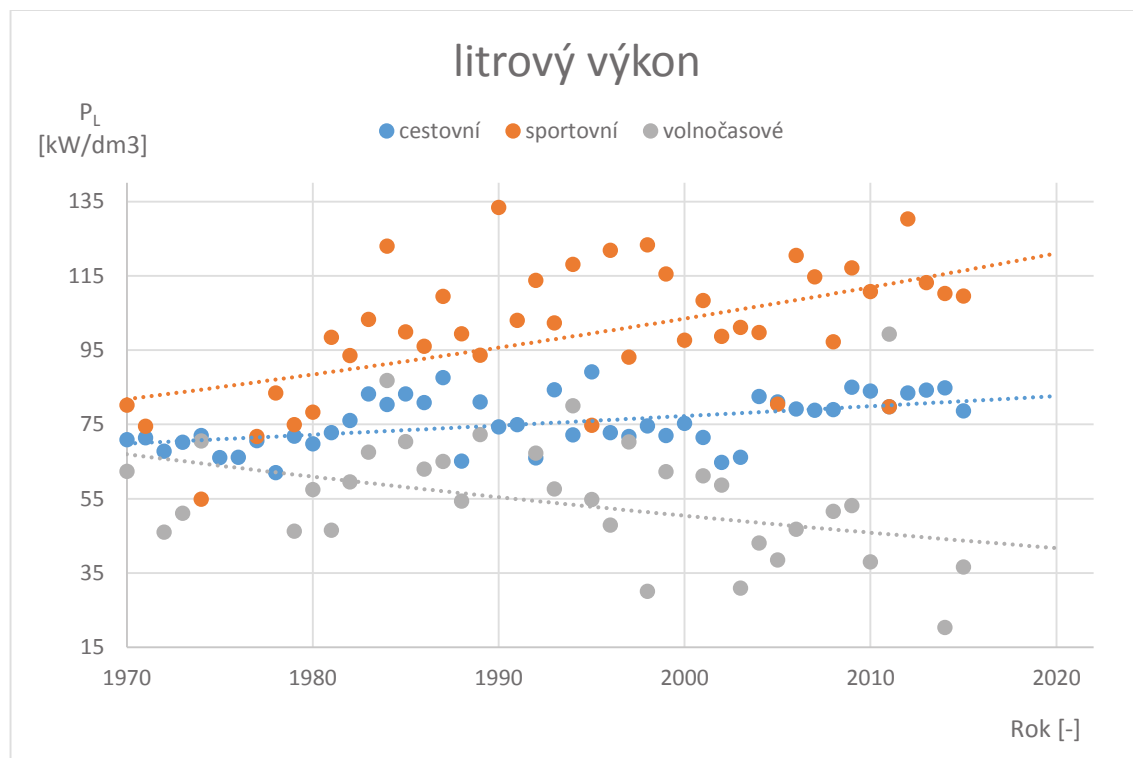
## 6.2.4 Střední efektivní tlak



Graf 3: Trend vývoje středního efektivního tlaku

Tento trend je vzrůstající u všech kategorií. Zvláštností je, že u trendu motorů pro cestovní motocykly je rychleji rostoucí než u motorů pro sportovní motocykly. Vysvětlením je častější používání minimálně upravených sportovních motorů u cestovních motocyklů.

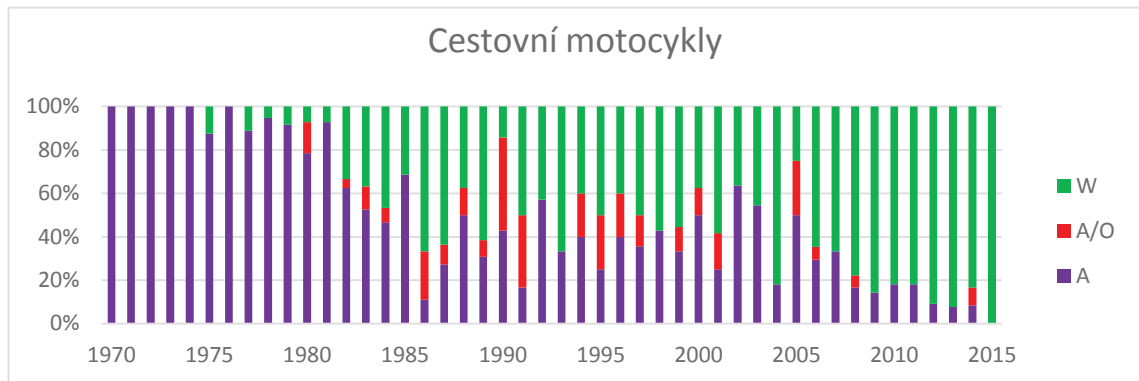
## 6.2.5 Litrový výkon



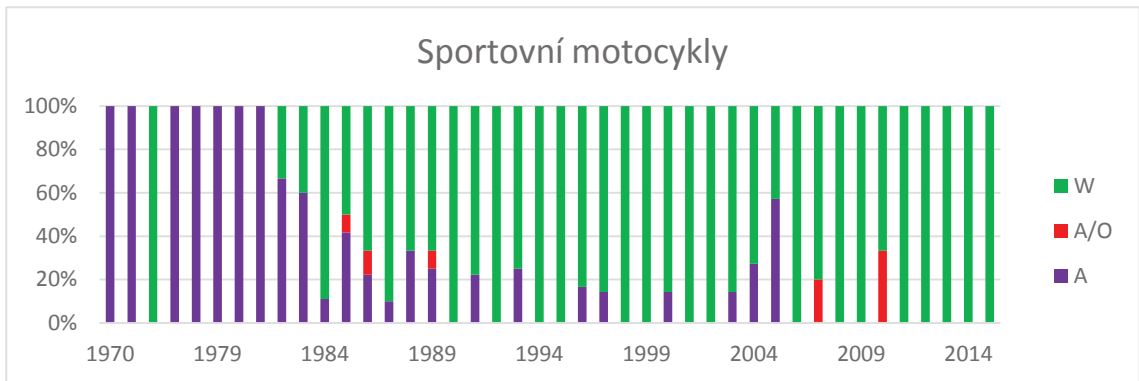
Graf 4: Trend vývoje litrového výkonu

U cestovních a sportovních motocyklových motorů litrový výkon stoupá, u sportovních motocyklových motorů se litrový výkon zvýšil za posledních 15 let téměř o 10 kW/dm<sup>3</sup>. U motorů pro cestovní motocykly je zvýšení jen o 4 kW/dm<sup>3</sup>, protože je zde větší požadavek na trvanlivost motoru. Volnočasové motocyklové motory vykazují snížení litrového výkonu, což je způsobeno zvyšováním zdvihového objemu motorů bez ohledu na zvýšení výkonu.

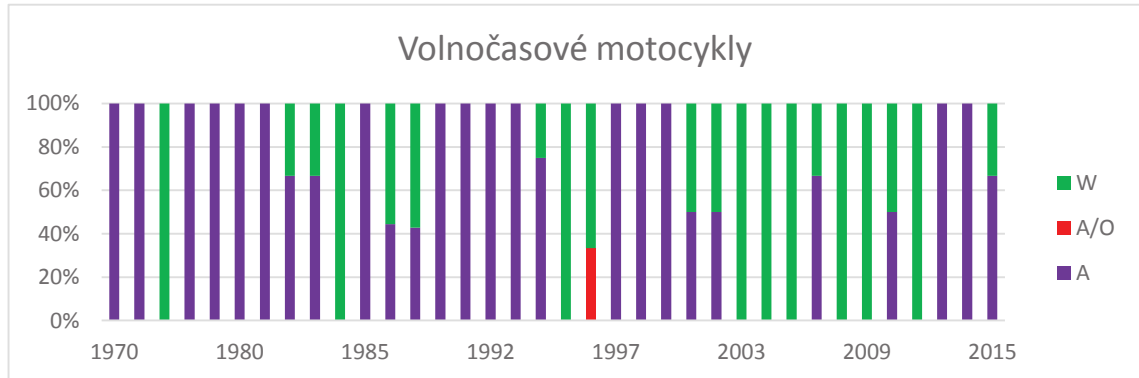
## 6.2.6 Chlazení motoru



Graf 5: Trend vývoje chlazení motoru I



Graf 6: Trend vývoje chlazení motoru II

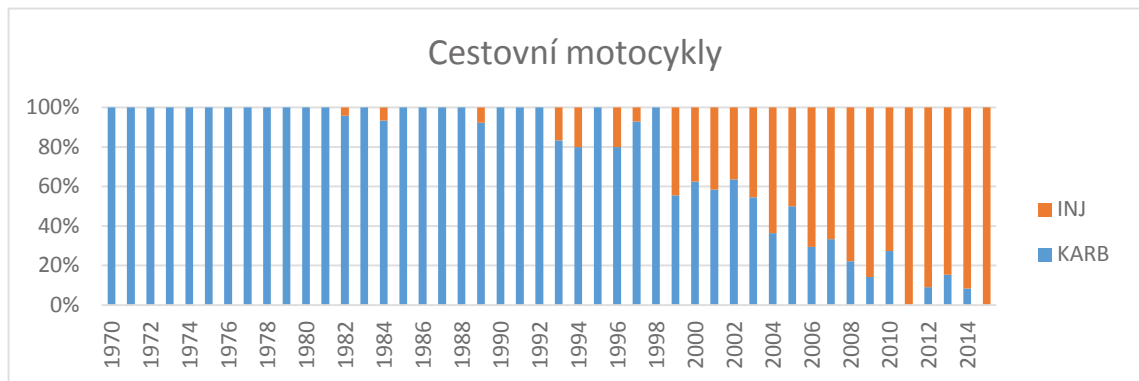


Graf 7: Trend vývoje chlazení motoru III

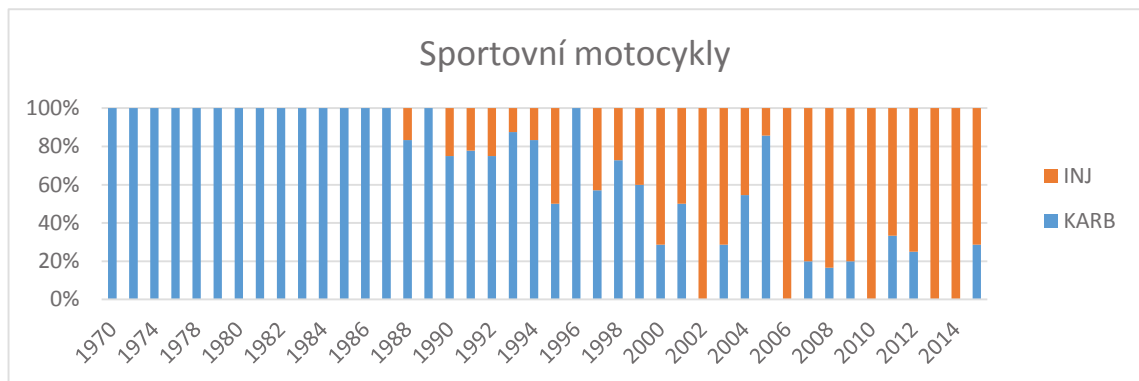
Chlazení motoru pomocí vzduchu je na ústupu, kvůli dnes převažujícím nevýhodám. Výhodami vodního chlazení jsou: lepší udržení požadované konstantní pracovní teploty motoru a menší teplotní namáhání oleje. Nejdůležitější výhodou je v dokonalejším chlazení motoru při stání motocyklu na místě jako například v kolonách a městech. Chlazení za pomoci vzduchu a oleje se používalo velmi málo. Nejvíce ho využívala značka Suzuki, protože tím dokázala snížit hmotnost motoru.



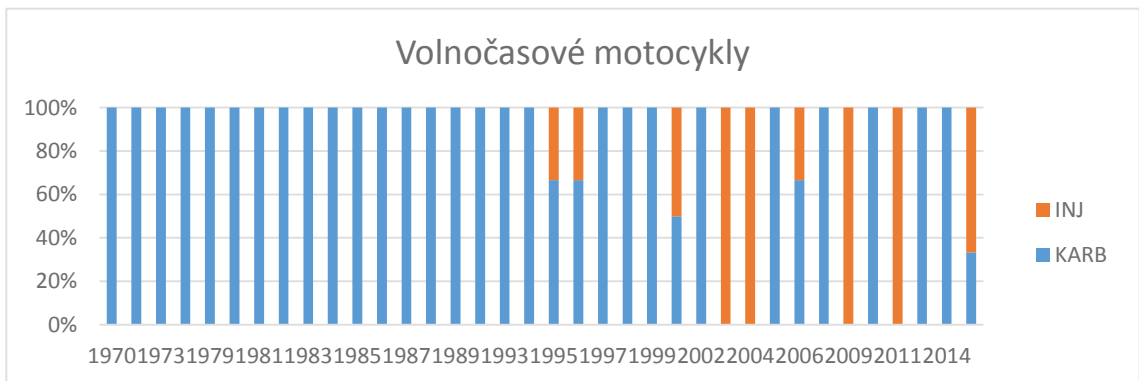
## 6.2.7 Systém přípravy směsi



Graf 8: Trend vývoje systému přípravy směsi I



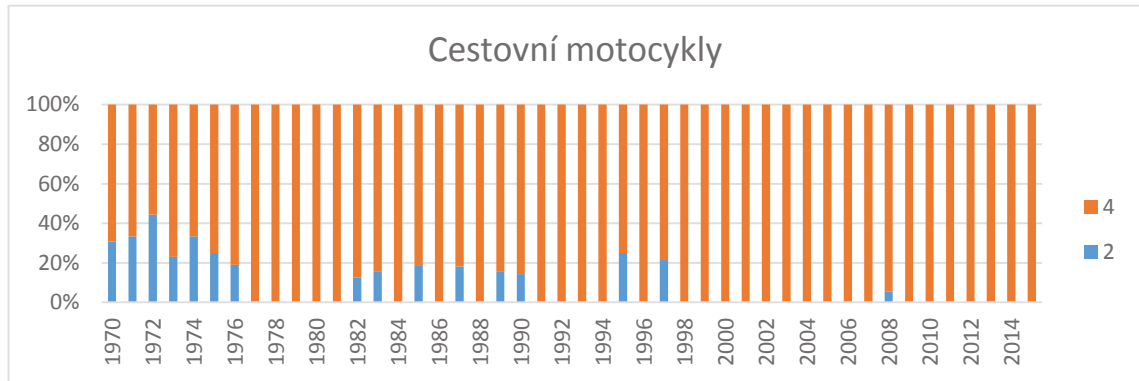
Graf 10: Trend vývoje systému přípravy směsi II



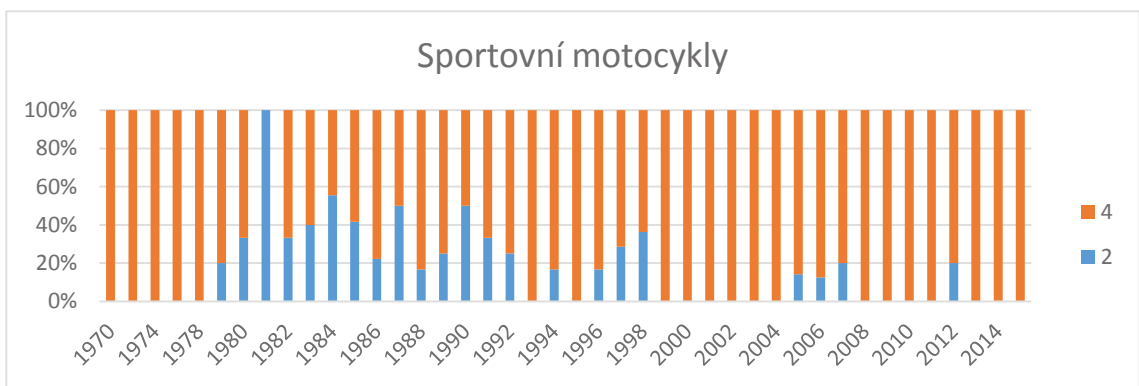
Graf 9: Trend vývoje systému přípravy směsi III

Příprava směsi pomocí karburátoru je dnes už na ústupu. Používá se už jen u levnějších nízko objemových motorů a motorů pro motocykly, kde je kladen důraz na designový starý vzhled motocyklů. Dnes se více používá vstřikování paliva, z důvodu snížení emisí a lepší reakci motoru. U motocyklů se používá zpravidla vícebodové vstřikování paliva známé také jako „MPI“.

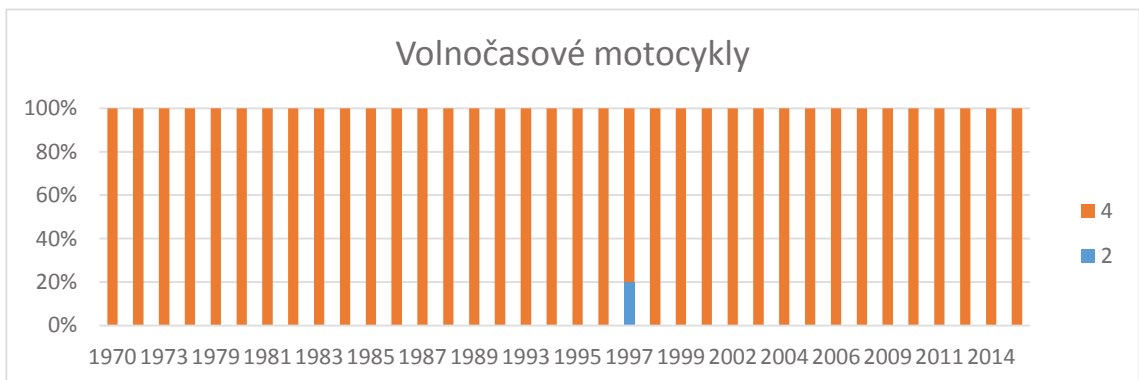
## 6.2.8 Počet dob



Graf 13: Trend vývoje počtu dob motoru I



Graf 12: Trend vývoje počtu dob motoru II



Graf 11: Trend vývoje počtu dob motoru III

Z grafů je patrné, že motocyklové motory jsou převážně čtyřdobé, což je způsobeno tím, že dvoudobé motory se používají pro nižší objemy (až na výjimky do 300 cm<sup>3</sup>). Také je patrný ústup dvoudobých motorů, který je zapříčiněn snahou o snižování emisí motocyklů. U cestovních motocyklů se používaly dvoudobé motory méně než u sportovních, protože zde nejsou kladeny tak velké nároky na výkon motorů. Volnočasové motocykly zde nemají téměř žádné zastoupení dvoudobých motorů.

## **Závěr**

V úvodní části se věnuji úplným začátkům vzniku motocyklů a prvním pokrokům. První stroje byly zamýšlené jako levný dopravní prostředek, ale zanedlouho se motocykly staly spíše stroji určenými pro sportovní účely nebo jako životní styl lidí různých kategorií. Proto se motocykly začaly dělit do různých skupin a konstruktéři se snažili o vylepšování různých parametrů motoru podle použití motocyklu a cílové skupiny lidí, pro kterou jsou určeny. Konstruktéři byli a jsou omezováni určitými pravidly při konstrukci motocyklů, ale jak je vidět z kapitoly věnující se tomuto tématu, omezení příliš přísná nejsou a konstruktéři mají celkem volný prostor v tvorbě nových motorů a jejich vylepšování.

Druhá část poukazuje na použití netradičních koncepcí motocyklových motorů. Některé netradiční koncepce mají určitou perspektivu do budoucna, ale zatím se od nich upustilo. Největším omezením pro tyto koncepce jsou stále nedostatečně vyspělé materiály, s jejich postupným vývojem se možná výrobci rozhodnou tyto koncepce opět použít. Možná se ale dříve než konstrukční materiály dosáhnou požadované úrovně, přestanou používat spalovací motory kvůli zvyšujícím se emisním normám.

Poslední část ukazuje na samotné vývojové trendy motocyklů vytvořené pomocí databáze motocyklů. Je patrné, že každá kategorie motocyklů má jiné trendy vývoje motorů. U motorů určených pro sportovní účely je nejdůležitějším trendem zvyšování výkonu motoru a lepší účinnosti, proto se zde používají k řízení motoru nejnovější elektronické systémy. Cestovní motocyklové motory mají podobný trend jako sportovní. Většina konstrukcí cestovních motorů je postavena na základě sportovních motorů, ale pro tuto skupinu jsou další důležité i parametry než jen zvyšující se litrový výkon motoru. Zde je brán ohled na trvanlivost motoru a spotřebu paliva. Průběh výkonu a momentu motoru je koncipován spíše pro klidnější jízdu na delší trasy. U volnočasových motocyklů je vývojový trend ovlivněn spíše stylem a vzhledem, než snahou o dosažení dokonalejší konstrukce motoru, jak je také patrné z grafů.

Základní koncepce motocyklových motorů se od jejich vzniku téměř nezměnila. Až na výjimky jde o nepřepřítňované zážehové pístové spalovací motory. Dnes se kvůli zvyšujícím se ekologickým nárokům používají spíše čtyřdobé motory. Největší pokrok dovolují dokonalejší a nově používané materiály, například více využívaný titan. Ale každý

motocyklový motor je konstruován tak, aby měl dobrý vzhled a odpovídal designu podle kategorie použití.

## Použitá literatura

- [1] ŠMEJKAL, Pavel. 21století: Motor, který nesplnil všechna očekávání. *21století* [online]. 2013, 17.7 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://21století.cz/2013/07/17/motor-ktery-nesplnil-vsechna-ocekavani/>
- [2] SRP, Pavel. Bike-mania: Veterány: znáte motocykl megola. *Bike-mania* [online]. 2013, 14.10 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.bike-mania.cz/veterany-znate-motocykly-megola-foto-video/>
- [3] *Bikez* [online]. 1999 [cit. 2015]. Dostupné z: <http://www.bikez.com/main/index.php>
- [4] BlackCat. Blackcat blog: Suzuki RE5 Rotary Engine, Mahakarya Suzuki yang tidak berumur panjang. *Blackcat blog* [online]. 2014, 29.4 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://blackcat200.com/2014/04/30/suzuki-re5-rotary-engine-mahakarya-suzuki-yang-tidak-berumur-panjang/>
- [5] blackcountrybiker. Blackcountrybiker: cyclone 1913-1916. *Blackcountrybiker* [online]. 2010, 25.4 [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: <http://blackcountrybiker.blogspot.cz/2010/04/cyclone-1913-1916.html>
- [6] Brig a trailer: Owned 35 Years: 1978 Kawasaki Z1R-TC Turbo. *Bring a Trailer* [online]. 2015, 23.4 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://bringatrailer.com/2015/04/23/owned-35-years-1978-kawasaki-z1r-tc-turbo/>
- [7] ČAPPO. *Cappo: Automobilový benzín*. Praha, 2012. Dostupné také z: <http://www.cappo.cz/res/data/000067.pdf>
- [8] CORMIER, Jason. DKW Supercharged Two-Stroke - Force-Fed Deeks: Odd-bike. *Odd-bike* [online]. 2014, 10.2 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.odd-bike.com/2014/02/dkw-supercharged-two-strokes-force-fed.html>
- [9] MITCHEL, Leon. EarlyMotor: Fabrique Nationale (F.N.). *EarlyMotor* [online]. 1999 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://earlymotor.com/leon/bikes/fn/fn.htm>
- [10] BROWN, Roland. *Encyklopedie motocyklů: kompletní kniha o motocyklech a jejich jezdcích*. Praha: Svojtka, 2004, c1998, 256 s. ISBN 80-723-7477-X.
- [11] Honda Worldwide: V4-story. *Honda worldwide* [online]. © 2015 [cit. 2015-04-17]. Dostupné z: <http://world.honda.com/V4-story/02/>
- [12] Chopper World: Hildebrand & Wolfmüller, 1893. *Chopper World* [online]. © 2012 [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: <http://chopper-world.webnode.cz/products/hildebrand-wolfmuller-1893/>
- [13] *Katalog Motocyklů* [online]. 2015 [cit. 2015]. Dostupné z: <http://www.katalog-motocyklu.cz/>
- [14] Kawasaki: Ninja H2R. *Kawasaki* [online]. ©2014 [cit. 2015-04-23]. Dostupné z: [http://www.kawasaki.cz/cs/products/supersport/2015/ninja\\_h2r/specifications?Uid=08C3WF9RDF0LCI4OXIBQXA1ZDAkLWg4MwV5cC1BZDF1aWlk](http://www.kawasaki.cz/cs/products/supersport/2015/ninja_h2r/specifications?Uid=08C3WF9RDF0LCI4OXIBQXA1ZDAkLWg4MwV5cC1BZDF1aWlk)
- [15] *MCS Motorcyclespecs* [online]. 2015 [cit. 2015]. Dostupné z: <http://www.motorcyclespecs.co.za/>

- [16] KLIMŠA, Jaroslav. Motocykl: Veteran Werner r.v. 1901. *Motocykl online* [online]. 2007, 14.2 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.motocykl-online.cz/testy/16844-veteran-werner-r-v-1901>
- [17] LAHNER, Jan a Miloslav STRAKA. *Motocykly z Divišova: historie značek ESO a JAWA*. Praha: Moto Public, 2011. ISBN 978-80-904221-6-2.
- [18] Tony. *Motorcycle Specs: Yamaha XJ650 LJ/LK Seca Turbo* [online]. 2012 [cit. 2015-04-23]. Dostupné z: [http://www.turbomotorcycles.org/TMIOA/Bike\\_Yamaha\\_XJ650.html](http://www.turbomotorcycles.org/TMIOA/Bike_Yamaha_XJ650.html)
- [19] *Motorkari: Kawasaki GPZ 750 Turbo: 30. výročí zrodu legendy* [online]. 2013 [cit. 2015-04-22]. ISSN 1214-7125. Dostupné z: <http://www.motorkari.cz/clanky/veterani/kawasaki-gpz-750-turbo-30.-vyroci-zrodu-legendy-24709.html>
- [20] *Motorkari: Wankel a přece se točí!* [online]. 2012 [cit. 2015-04-11]. ISSN 1214-7125. Dostupné z: <http://www.motorkari.cz/clanky/veterani/wankel-a-prece-se-toci-1.-cast-20632.html>
- [21] PLATA, Karol. Motormania: O tym, jak motocykl rowerem był – początki motocyklizmu. *Motormania* [online]. ©2014, 28.11 [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: <http://motormania.com.pl/newsy/swiat/o-tym-jak-motocykl-rowerem-byl-poczatki-motocyklizmu/>
- [22] Odd-bike: Kawasaki Z1R-TC - The Psycho Turbo Z. *Odd-bike* [online]. 2012, 31.12 [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.odd-bike.com/2012/12/kawasaki-z1r-tc-psycho-turbo-z.html>
- [23] *Okruháři* [online]. 2010 [cit. 2015-04-22]. ISSN 1805-3483. Dostupné z: <http://www.okruhari.cz/cs/honda-a-jeji-ovalne-pisty>
- [24] KELLY, Martin. Photos-0: Both appeared motorcycles. *Photos-0* [online]. 2015 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://photos-0.blogspot.cz/2015/01/both-appeared-motorcycles.html>
- [25] SILER, Wes. Rideapart: Retro: 1922 Megola 640cc touring. *Rideapart* [online]. 2011, 12.1 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <https://rideapart.com/articles/retro-1922-megola-640cc-touring>
- [26] ScottOwnersClub: A brief (and probably incomplete) history of Scott Motorcycles. *ScotOwnersClub* [online]. 2002 [cit. 2015-07-02]. Dostupné z: [http://www.scotownersclub.org/scott\\_motorcycle\\_history.htm](http://www.scotownersclub.org/scott_motorcycle_history.htm)
- [27] HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 296 s. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [28] ŠUMAN-HREBLAY, Marián. *Sportovní motocykly: české a slovenské motocykly od roku 1945*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2011, 160 s. Motoalbum (Computer Press). ISBN 978-80-251-2225-9.
- [29] SportRider: NORTON NRV588 - ROTARY REVIVAL. *SportRider* [online]. 2010, 29.5 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://www.sportrider.com/norton-nrv588-rotary-revival>

- [30] VLK, František. *Teorie a konstrukce motocyklů*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2004, 661 s. ISBN 80-239-1601-7.
- [31] TheVintAgent. *TheVintAgent* [online]. 2011, 3.11 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://thevintagent.blogspot.cz/2011/11/short-history-of-wankel-motorcycles.html>
- [32] TheVintAgent: Peugeot Racer. *TheVintAgent* [online]. 2010, 26.1 [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: <http://thevintagent.blogspot.cz/2010/01/retromobile-2010-peugeot-racers-part-1.html>
- [33] KLOSE, Steve. Turbomotorcycles: Honda CX500TC Turbo. *Turbootorcycle* [online]. 2014 [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: [http://www.turbomotorcycles.org/TMIOA/Bike\\_Honda\\_CX500Tc.html](http://www.turbomotorcycles.org/TMIOA/Bike_Honda_CX500Tc.html)
- [34] BELL, A a A BELL. *Two-stroke performance tuning*. 2nd ed. Newbury Park, Calif., USA: Haynes North America, 1999, 271 p. ISBN 18-596-0619-9.
- [35] RAUCHER, Jaroslav. *Vozidlové motory*. Brno, 2004.
- [36] BEROUN, Stanslav. *Vozidlové motory*. Liberec, -.
- [37] RAUCHER, Jaroslav. *Vozidlové motory, Studijní opory*. Brno, 2004.
- [38] ローターエンジンのおートバイ [online]. 2003, 14.12 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: [http://www.italian.sakura.ne.jp/sons\\_of\\_biscuits/?p=4791](http://www.italian.sakura.ne.jp/sons_of_biscuits/?p=4791)

## **Seznam příloh**

- I. Katalog motocyklů ... 11 stran
- II. Příloha na CD/DVD



## **Obsah CD/DVD**

Příložené CD/DVD obsahuje tuto práci v elektronické podobě, katalog motocyklů a excellovský soubor s katalogem grafy. Popis jednotlivých souborů:

- Bakalářská práce.pdf – elektronická podoba práce
- Katalog.pdf – Katalog motocyklů ve formátu PDF
- Data.xlsx – katalog a grafy v excellu

| Modelový rok | tovární značka | označení | zdvihový objem     | maximální výkon | při otáčkách | maximální točivý moment | při otáčkách | uspořádání motoru | uložení motoru | počet válců | počet dob | vrtání | zdvih | kompresní poměr | Ventilový rozvod | počet ventilů | emise | příprava směsy | chlazení | palivo | druh | Poměr zdvih/vrtání [-] | Střední efektivní tlak [Mpa] | Střední efektivní výkon [kW/dm3] | Střední pístová rychlost [m/s] | Střední efektivní tlak [Mpa] | Střední efektivní moment | rozdíln tlaků [Mpa] |
|--------------|----------------|----------|--------------------|-----------------|--------------|-------------------------|--------------|-------------------|----------------|-------------|-----------|--------|-------|-----------------|------------------|---------------|-------|----------------|----------|--------|------|------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------|
| 1            | 1987           | Aprilia  | AF1 Futura 125     | 124,8           | 18,2         | 10000                   | 17,7         | 8000 S            | P              | 1           | 2         | 54     | 54,5  | 12,5 MEM        | -                | -             | KARB  | W              | BA95     | SS     |      | 1,009                  | 0,875                        | 145,813                          | 18,167                         | 0,891                        | 0,016                    |                     |
| 2            | 2003           | Aprilia  | ETV 1000           | 997,6           | 72           | 8250                    | 97           | 6250 V            | P              | 2           | 4         | 97     | 67,5  | 10,4 DOHC       | 4 Euro 1         | INJ           | W     | BA95           | CE       |        |      | 0,696                  | 1,050                        | 72,171                           | 18,563                         | 1,222                        | 0,172                    |                     |
| 3            | 1992           | Aprilia  | Pegaso 650         | 651,9           | 35           | 6250                    | 54           | 6250 S            | P              | 1           | 4         | 100    | 83    | 9,1 DOHC        | 5 -              | KARB          | W     | BA95           | CE       |        |      | 0,830                  | 1,031                        | 53,691                           | 17,292                         | 1,041                        | 0,010                    |                     |
| 4            | 1997           | Aprilia  | RS125              | 124,8           | 10,9         | 7000                    | 15           | 6250 S            | P              | 1           | 2         | 54     | 54,5  | 12,5 MEM        | -                | -             | KARB  | W              | BA95     | SS     |      | 1,009                  | 0,749                        | 87,328                           | 12,717                         | 0,755                        | 0,007                    |                     |
| 5            | 1998           | Aprilia  | RSV 1000           | 997,6           | 130          | 12500                   | 105          | 7000 V            | P              | 2           | 4         | 97     | 67,5  | 11,4 DOHC       | 4 -              | INJ           | W     | BA95           | SS       |        |      | 0,696                  | 1,251                        | 130,310                          | 28,125                         | 1,323                        | 0,072                    |                     |
| 6            | 1999           | Aprilia  | SL 1000 Falco      | 997,6           | 88           | 9250                    | 69           | 7000 V            | P              | 2           | 4         | 97     | 67,5  | 10,8 DOHC       | 4 Euro 1         | INJ           | W     | BA95           | CS       |        |      | 0,696                  | 1,144                        | 88,210                           | 20,813                         | 0,869                        | 0,275                    |                     |
| 7            | 2006           | Aprilia  | Tuono 1000R        | 997,6           | 98           | 9500                    | 102          | 8750 V            | P              | 2           | 4         | 97     | 67,5  | 11,8 DOHC       | 4 Euro3          | INJ           | W     | BA95           | CS       |        |      | 0,696                  | 1,241                        | 98,233                           | 21,375                         | 1,285                        | 0,044                    |                     |
| 8            | 2013           | Aprilia  | Caponord 1200      | 1196,6          | 91,9         | 8250                    | 117          | 6800 V            | P              | 2           | 4         | 106    | 67,8  | 12 DOHC         | 4 Euro3          | INJ           | W     | BA95           | CS       |        |      | 0,640                  | 1,117                        | 76,799                           | 18,645                         | 1,229                        | 0,112                    |                     |
| 9            | 1997           | Aprilia  | Classic 125        | 124,8           | 10,9         | 9000                    | 11           | 4500 S            | P              | 1           | 2         | 54     | 54,5  | 12,5 -          | -                | -             | KARB  | A              | BA95     | VC     |      | 1,009                  | 0,582                        | 87,328                           | 16,350                         | 0,554                        | 0,028                    |                     |
| 10           | 2011           | Aprilia  | Dorsoduro 1200     | 1191,3          | 96           | 8700                    | 115          | 7200 V            | P              | 2           | 4         | 106    | 67,5  | 12 DOHC         | 4 Euro3          | INJ           | W     | BA95           | CE       |        |      | 0,637                  | 1,111                        | 80,582                           | 19,575                         | 1,213                        | 0,102                    |                     |
| 11           | 2008           | Aprilia  | Dorsoduro 750      | 749,9           | 70           | 9000                    | 82           | 7000 V            | P              | 2           | 4         | 92     | 56,4  | 11 DOHC         | 4 Euro3          | INJ           | W     | BA95           | CE       |        |      | 0,613                  | 1,245                        | 93,352                           | 16,920                         | 1,374                        | 0,130                    |                     |
| 12           | 2010           | Aprilia  | Dorsoduro 750 Fact | 749,9           | 67           | 8750                    | 82           | 4500 V            | P              | 2           | 4         | 92     | 56,4  | 11 DOHC         | 4 Euro3          | INJ           | W     | BA95           | CE       |        |      | 0,613                  | 1,225                        | 89,351                           | 16,450                         | 1,374                        | 0,149                    |                     |
| 13           | 1987           | Aprilia  | ETX 125            | 123,7           | 12,4         | 9000                    | 14           | 6750 S            | P              | 1           | 2         | 54     | 54    | 12,5 -          | -                | -             | KARB  | A              | BA95     | ST     |      | 1,000                  | 0,668                        | 100,265                          | 16,200                         | 0,711                        | 0,043                    |                     |
| 14           | 1985           | Aprilia  | ETX 350            | 349,5           | 19,7         | 7000                    | 28,5         | 6000 S            | P              | 1           | 4         | 79,5   | 70,4  | 9,6 OHC         | 4 -              | KARB          | A     | BA91           | ST       |        |      | 0,886                  | 0,966                        | 56,373                           | 16,427                         | 1,025                        | 0,058                    |                     |
| 15           | 1988           | Aprilia  | ETX 6.35           | 349,5           | 24,1         | 7500 -                  | -            | S                 | P              | 1           | 4         | 79,5   | 70,4  | 9,6 OHC         | 4 -              | KARB          | A     | BA95           | ST       |        |      | 0,886                  | 1,103                        | 68,964                           | 17,600                         |                              |                          |                     |
| 16           | 1985           | Aprilia  | ETX 600            | 562,1           | 35,8         | 6800 -                  | -            | S                 | P              | 1           | 4         | 94     | 81    | 9,4 OHC         | 4 -              | KARB          | A     | BA95           | ST       |        |      | 0,862                  | 1,124                        | 63,687                           | 18,360                         |                              |                          |                     |
| 17           | 1986           | Aprilia  | ETX 600            | 562,1           | 35,8         | 6800 -                  | -            | S                 | P              | 1           | 4         | 94     | 81    | 9,4 OHC         | 4 -              | KARB          | A     | BA95           | CE       |        |      | 0,862                  | 1,124                        | 63,687                           | 18,360                         |                              |                          |                     |
| 18           | 2008           | Aprilia  | Mana 850           | 839,3           | 56           | 8000                    | 73           | 5000 V            | P              | 2           | 4         | 88     | 69    | 10 OHC          | 4 Euro3          | INJ           | W     | BA95           | CS       |        |      | 0,784                  | 1,001                        | 66,720                           | 18,400                         | 1,093                        | 0,092                    |                     |
| 19           | 2006           | Aprilia  | MX 125             | 124,0           | 11           | 7000                    | 15           | 6250 S            | P              | 1           | 2 -       | -      | -     | -               | -                | -             | Euro3 | -              | W        | BA95   | ST   |                        | 0,760                        | 88,710                           |                                | 0,760                        | 0,000                    |                     |
| 20           | 2009           | Aprilia  | MX 4.5             | 449,1           | 44           | 10000 -                 | -            | V                 | P              | 2           | 4         | 76     | 49,5  | 12,5 OHC        | 4 Euro3          | INJ           | W     | BA95           | ST       |        |      | 0,651                  | 1,176                        | 97,972                           | 16,500                         |                              |                          |                     |
| 21           | 1989           | Aprilia  | Pegaso 125         | 124,8           | 18,5         | 9000                    | 14           | 9000 S            | P              | 1           | 2         | 54     | 54,5  | 12,5 MEM        | -                | -             | KARB  | W              | BA95     | CE     |      | 1,009                  | 0,988                        | 148,217                          | 16,350                         | 0,705                        | 0,283                    |                     |
| 22           | 1990           | Aprilia  | Pegaso 600         | 562,1           | 32,8         | 7000 -                  | -            | S                 | P              | 1           | 4         | 94     | 81    | 9,4 OHC         | 4 -              | KARB          | A     | BA95           | CE       |        |      | 0,862                  | 1,000                        | 58,350                           | 18,900                         |                              |                          |                     |
| 23           | 1996           | Aprilia  | RS 250             | 249,3           | 51,1         | 11000                   | 46           | 9800 V            | P              | 2           | 2         | 56     | 50,6  | 12 MEM          | -                | -             | KARB  | W              | BA95     | SS     |      | 0,904                  | 1,118                        | 205,010                          | 18,553                         | 1,160                        | 0,041                    |                     |
| 24           | 2011           | Aprilia  | RS4                | 124,2           | 11           | 11000                   | 10,9         | 8250 S            | P              | 1           | 4         | 58     | 47    | 12,5 DOHC       | 4 Euro3          | INJ           | W     | BA95           | SS       |        |      | 0,810                  | 0,966                        | 88,583                           | 17,233                         | 1,103                        | 0,137                    |                     |
| 25           | 2004           | Aprilia  | RSV 1000 Factory   | 997,6           | 102          | 9500                    | 107          | 7500 V            | P              | 2           | 4         | 97     | 67,5  | 11,8 DOHC       | 4 Euro 2         | INJ           | W     | BA95           | SS       |        |      | 0,696                  | 1,291                        | 102,243                          | 21,375                         | 1,348                        | 0,056                    |                     |
| 26           | 2006           | Aprilia  | RSV 1000 R         | 997,6           | 104          | 9500                    | 107          | 7500 V            | P              | 2           | 4         | 97     | 67,5  | 11,8 DOHC       | 4 Euro3          | INJ           | W     | BA95           | SS       |        |      | 0,696                  | 1,317                        | 104,248                          | 21,375                         | 1,348                        | 0,031                    |                     |
| 27           | 2012           | Aprilia  | RSV4               | 999,6           | 132          | 12250                   | 115          | 10000 V           | P              | 4           | 4         | 78     | 52,3  | 12,8 DOHC       | 4 Euro3          | INJ           | W     | BA95           | SS       |        |      | 0,671                  | 1,294                        | 132,048                          | 21,356                         | 1,446                        | 0,152                    |                     |
| 28           | 2009           | Aprilia  | RSV4 Factory       | 999,6           | 132          | 12250                   | 115          | 10000 V           | P              | 4           | 4         | 78     | 52,3  | 12,8 DOHC       | 4 Euro3          | INJ           | W     | BA95           | SS       |        |      | 0,671                  | 1,294                        | 132,048                          | 21,356                         | 1,446                        | 0,152                    |                     |
| 29           | 1984           | Aprilia  | RX 125             | 123,7           | 24,8         | 10750 -                 | -            | S                 | P              | 1           | 2         | 54     | 54    | 11,5 MEM        | -                | -             | KARB  | W              | BA91     | ST     |      | 1,000                  | 1,119                        | 200,531                          | 19,350                         |                              |                          |                     |
| 30           | 1984           | Aprilia  | RX 250             | 248,4           | 34,3         | 8000 -                  | -            | S                 | P              | 1           | 2         | 72     | 61    | 14 MEM          | -                | -             | KARB  | W              | SS       | ST     |      |                        | 1,036                        | 1,036                            | 138,105                        | 16,267                       |                          |                     |
| 31           | 2006           | Aprilia  | RXV450             | 449,1           | 44           | 10250 -                 | -            | V                 | P              | 2           | 4         | 76     | 49,5  | 12,5 OHC        | 4 Euro3          | INJ           | W     | BA95           | ST       |        |      | 0,651                  | 1,147                        | 97,972                           | 16,913                         |                              |                          |                     |
| 32           | 2008           | Aprilia  | RXV 550            | 552,9           | 48           | 10500 -                 | -            | V                 | P              | 2           | 4         | 80     | 55    | 12 OHC          | 4 Euro3          | INJ           | W     | BA95           | ST       |        |      | 0,688                  | 0,992                        | 86,812                           | 19,250                         |                              |                          |                     |
| 33           | 2008           | Aprilia  | SL 750             | 749,9           | 70           | 9000                    | 82           | 7000 V            | P              | 2           | 4         | 92     | 56,4  | 11 DOHC         | 4 Euro3          | INJ           | W     | BA95           | CS       |        |      | 0,613                  | 1,245                        | 93,352                           | 16,920                         | 1,374                        | 0,130                    |                     |
| 34           | 2008           | Aprilia  | SX 125             | 124,8           | 11           | 9500 -                  | -            | S                 | P              | 1           | 2         | 54     | 54,5  | 12,5 MEM        | -                | -             | Euro3 | KARB           | W        | BA95   | CE   |                        | 1,009                        | 0,557                            | 88,129                         | 17,258                       |                          |                     |
| 35           | 2006           | Aprilia  | SXV 450            | 449,1           | 48 -         | -                       | -            | V                 | P              | 2           | 4         | 76     | 49,5  | 12,5 OHC        | 4 Euro3          | INJ           | W     | BA95           | CE       |        |      | 0,651                  |                              | 106,878                          |                                |                              |                          |                     |
| 36           | 2008           | Aprilia  | SXV 550            | 552,9           | 53           | 9000                    | 67           | 7500 V            | P              | 2           | 4         | 80     | 55    | 12 OHC          | 4 Euro3          | INJ           | W     | BA95           | SM       |        |      | 0,688                  | 1,278                        | 95,855                           | 16,500                         | 1,523                        | 0,245                    |                     |
| 37           | 1988           | Aprilia  | Tuareg 4.35        | 349,5           | 24,1         | 7500                    | 21           | 6500 S            | P              | 1           | 4         | 79,5   | 70,4  | 9,6 OHC         | 4 -              | KARB          | A     | BA95           | CE       |        |      | 0,886                  | 1,103                        | 68,964                           | 17,600                         | 0,755                        | 0,348                    |                     |
| 38           | 1987           | Aprilia  | Tuareg 6.35        | 349,5           | 19,7         | 6500                    | 21           | 6500 S            | P              | 1           | 4         | 79,5   | 70,4  | 9,6 OHC         | 4 -              | KARB          | A     | BA95           | CE       |        |      | 0,886                  | 1,041                        | 56,373                           | 15,253                         | 0,755                        | 0,286                    |                     |
| 39           | 1985           | Aprilia  | Tuareg Rally 250   | 248,4           | 34,3         | 8000 -                  | -            | S                 | P              | 1           | 2         | 72     | 61    | 14 MEM          | -                | -             | KARB  | A              | SS       | CE     |      |                        | 0,847                        | 1,036                            | 138,105                        | 16,267                       |                          |                     |
| 40           | 1987           | Aprilia  | Tuareg wind 125    | 123,7           | 18,2         | 9000 -                  | -            | S                 | P              | 1           | 2         | 54     | 54    | 12,5 MEM        | -                | -             | KARB  | A              | BA95     | CE     |      | 1,000                  | 0,981                        | 147,164                          | 16,200                         |                              |                          |                     |
| 41           | 1988           | Aprilia  | Tuareg Wnd 600     | 562,1           | 35           | 7000                    | 44           | 6000 S            | P              | 1           | 4         | 94     | 81    | 9,4 OHC         | 4 -              | KARB          | A     | BA95           | CE       |        |      | 0,862                  | 1,067                        | 62,264                           | 18,900                         | 0,984                        | 0,084                    |                     |
| 42           | 1987           | Aprilia  | TX 125             | 110,3           | 7,3          | 7000 -                  | -            | S                 | P              | 1           | 2         | 51     | 54    | 9,5 MEM         | -                | -             | KARB  | W              | BA95     | ST     |      | 1,059                  | 0,567                        | 66,176                           | 12,600                         |                              |                          |                     |
| 43           | 1989           | Aprilia  | TX 312             | 276,7           | 7,3          | 6400 -                  | -            | S                 | P              | 1           | 2         | 76     | 61    | 8,5 MEM         | -                | -             | KARB  | W              | BA95     | ST     |      | 0,803                  | 0,247                        | 26,380                           | 13,013                         |                              |                          |                     |
| 44           | 1986           | Aprilia  | TX 311             | 276,7           | 12,4         | 6400 -                  | -            | S                 | P              | 1           | 2         | 76     | 61    | 8,5 MEM         | -                | -             | KARB  | W              | BA95     | ST     |      | 0,803                  | 0,420                        | 44,810                           | 13,013                         |                              |                          |                     |
| 45           | 1997           | Benelli  | 125TC              | 124,8           | 12,7         | 8000 -                  | -            | R                 | P              | 2           | 2         | 42,5   | 44    | 10,3 MEM        | -                | -             | KARB  | A              | BA95     | CS     |      | 1,035                  | 0,763                        | 101,731                          | 11,733                         |                              |                          |                     |
| 46           | 1972           | Benelli  | 175 Enduro         | 169,6 -         | -            | -                       | -            | S                 | P              | 1           | 2         | 60     | 60    | 8 MEM           | -                | -             | KARB  | A              | B91      | CE     |      | 1,000                  |                              |                                  |                                |                              |                          |                     |
| 47           | 1974           | Benelli  | 250 2C             | 231,5           | 19           | 6800                    | 25,5         | 6500 R            | P              | 2           | 2         | 56     | 47    | 10 MEM          | -                | -             | KARB  | A              | B91      | CS     |      | 0,839                  | 0,724                        | 82,065                           | 10,653                         | 0,692                        | 0,032                    |                     |
| 48           | 1984           | Benelli  | 304                | 231,1           | 20,1         | 10500                   | 18,8         | 9000 R            | P              | 4           | 4         | 44     | 38    | 10,5 OHV        | 2 -              | KARB          | A     | B91            | CS       |        |      | 0,864                  | 0,994                        | 86,968                           | 13,300                         | 1,022                        | 0,028                    |                     |
| 49           | 1979           | Benelli  | 354RS              | 345,6           | 28,3         | 10200 -                 | -            | R                 | P              | 4           | 4         | 50     | 44    | 10,4 OHV        | 2 -              | KARB          | A     | B91            | CS       |        |      | 0,880                  | 0,963                        | 81,892                           | 14,960                         |                              |                          |                     |
| 50           | 1974           | Benelli  | 500 quattro        | 498,5           | 32,8         | 9400                    | 34           | 9300 R            | P              | 4           | 4         | 56     | 50,6  | 10,2 OHV        | 2 -              | KARB          | A     | B91            | CS       |        |      | 0,904                  | 0,840                        | 65,796                           | 15,855                         | 0,857                        | 0,017                    |                     |
| 51           | 1971           | Benelli  | 650 Tornado        | 642,8           | 38,8         | 7200 -                  | -            | R                 | P              | 2           | 4         | 84     | 58    | 8 OHV           | 2 -              | KARB          | A     | B91            | CS       |        |      | 0,690                  | 1,006                        | 60,357                           | 13,920                         |                              |                          |                     |
| 52           | 1980           | Benelli  | 654 quattro        | 603,9           | 44,7         | 8700                    | 51           | 7000 R            | P              | 4           | 4         | 60     | 53,4  | 9,3 OHV         | 2 -              | KARB          | A     | B91            | CS       |        |      | 0,890                  | 1,021                        | 74,014                           | 15,486                         | 1,061                        | 0,040                    |                     |
| 53           | 1974           | Benelli  | 750 Sei            | 747,8           | 52,9         | 8500 -                  | -            | R                 | P              | 6           | 4         | 56     | 50,6  | 9,8 OHC         | 2 -              | KARB          | A     | B91            | CS       |        |      | 0,904                  | 0,999                        | 70,744                           | 14,337                         |                              |                          |                     |
| 54           | 1978           | Benelli  | 900 Sei            | 905,9           | 58,3         | 8400 -                  | -            | R                 | P              | 6           | 4         | 60     | 53,4  | 9,5 OHC         | 2 -              | KARB          | A     | B91            | CS       |        |      | 0,890                  | 0,919                        | 64,355                           | 14,952                         |                              |                          |                     |
| 55           | 2015           | Benelli  | BN 251             | 249,2           | 18           | 9000                    | 21           | 7000 S            | P              | 1           | 4         |        |       |                 |                  |               |       |                |          |        |      |                        |                              |                                  |                                |                              |                          |                     |

