

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**Fakulta strojní**

**Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel**



**Přestavba motocyklu na závody ve třídě JAWA 50 RS**

**Rebuilding of motorbike for racing in the JAWA 50 RS class**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program: Teoretický základ strojního inženýrství

Studijní obor: bez oboru

Vedoucí práce: Ing. Jan Baněček, Ph.D.

**Pavel Myslík**

**2016**

**zadání**

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu paragraf 60 Zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne.....

Pavel Myslík

## PODĚKOVÁNÍ:

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Janu Baněčkovi, Ph.D. za rady, pomoc a vedení této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Vojtěchu Klírovi, Ph.D. a jeho kolegům ze školních laboratoří Na Julisce za umožnění změření výkonu motoru a za pomoc s přípravou tohoto měření. Na závěr bych chtěl poděkovat svým rodičům za podporu při tomto náročném zájmu, který by se bez ní nemohl stát námětem této práce.

## ANOTAČNÍ LIST

**Jméno autora:** Pavel Myslík  
**Název:** Přestavba motocyklu na závody ve třídě JAWA 50 RS  
**Title:** Rebuilding of motorbike for racing in the JAWA 50 RS class  
**Akademický rok:** 2016/2017  
**Program:** Teoretický základ strojního inženýrství  
**Obor:** bez oboru  
**Ústav:** Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel  
**Vedoucí BP:** Ing. Jan Baněček, Ph.D.

### **Abstrakt:**

Tato práce popisuje přestavbu originálního motocyklu JAWA 50 typ 23 pro účast v silničních závodech třídy JAWA 50 RS

### **Abstract:**

This thesis describes modification of original motorbike JAWA 50 type 23 for racing in the JAWA 50 RS class.

**Klíčová slova:** motocykl, motor, rám, převody, převodový poměr, závody, úpravy  
**Keywords:** motorbike, engine, frame, gears, gear ratio, races, modifications  
**Počet stran:** 72  
**Počet obrázků:** 80  
**Počet tabulek:** 2

# OBSAH

ÚVOD.....	8
1 Historie a vývoj motocyklu Jawa 50 .....	9
2 Historie a současnost závodů a sportovních úprav motocyklů JAWA 50 Pionýr.....	13
2.1 Historie závodů .....	13
2.1.1 Silniční závody, vznik kategorií JAWA 50 RS a GP .....	13
2.2 Sportovní úpravy strojů Jawa 50 používané v historii.....	13
3 Přehled povolených úprav ve třídě JAWA 50 RS, aktuální stav používaných úprav .....	15
3.1 Pravidla třídy JAWA 50 RS.....	15
3.1.1 Rám, podvozek .....	15
3.1.2 Motor .....	15
3.2 V současnosti používané úpravy.....	16
4 Provedené úpravy konkrétního motocyklu JAWA 50 .....	20
4.1 Podvozek.....	20
4.1.1 Rám.....	21
4.1.2 Přední vidlice .....	22
4.1.3 Řídítka .....	22
4.1.4 Zadní kyvná vidlice .....	23
4.1.5 Kola, brzdy .....	23
4.1.6 Sedlo, nádrž a ostatní části motocyklu .....	24
4.2 Motor .....	24
4.2.1 Blok motoru.....	24
4.2.2 Válec.....	24
4.2.3 Hlava válce .....	24

4.2.4	Sací potrubí a karburátor .....	25
4.2.5	Výfukové potrubí.....	26
4.2.6	Převodovka, rozjezdová spojka a stálý převod.....	26
4.2.7	Klikový mechanismus .....	32
4.2.8	Zapalování .....	32
5	Dosažené výkony motocyklu .....	33
5.1	Výkon motoru .....	33
6	Zhodnocení výsledku přestavby, srovnání s originálním motocyklem.....	37
7	Analýza možností dalších úprav .....	38
7.1	Rám a ostatní části motocyklu .....	38
7.1.1	Úpravy pro další snížení hmotnosti .....	38
7.1.2	Pneumatiky .....	39
7.1.3	Brzdy .....	39
7.2	Motor .....	39
7.2.1	Rozjezdová spojka.....	39
7.2.2	Zapalování .....	40
7.2.3	Převodovka a stálý převod.....	40
	SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN .....	51
	SEZNAM PŘÍLOH .....	54

## ÚVOD

Tato práce popisuje přestavbu originálního motocyklu JAWA 50 typ 23 pro účast v silničních závodech třídy JAWA 50 RS na motodromech (malých okruzích) a na přírodních okruzích.

První část práce popisuje historii motocyklů JAWA 50, dále historii závodů na těchto strojích a sportovních úprav s nimi související.

Další část práce uvádí pravidla třídy JAWA 50 RS a přehled v současnosti používaných úprav.

Dále jsou popsány samotné úpravy provedené na konkrétním motocyklu, dosažené výkony motocyklu a srovnání s originálním motocyklem.

Na závěr je provedena analýza možností dalších úprav a modifikací stávajícího motocyklu.



## 1 Historie a vývoj motocyklu Jawa 50

První prototyp motocyklu Jawa 50 vznikl v roce 1954 a byl jím typ 359, koncipovaný ještě jako motokolo se šlapkami. V roce 1955 pak vyjela první série malých motocyklů Jawa 50 typ 550, následována typem 555, 05 a 05 sport, 20 a 21 sport a nakonec typem 23 Mustang, kterým v roce 1982 skončila výroba těchto motocyklů.



*Obr. 1: Jawa 50 typ 550[8]*



*Obr. 2: Jawa 50 typ 555[8]*



*Obr. 3: Jawa 50 typ 05[8]*



*Obr. 4: Jawa 50 typ 05 sport[8]*

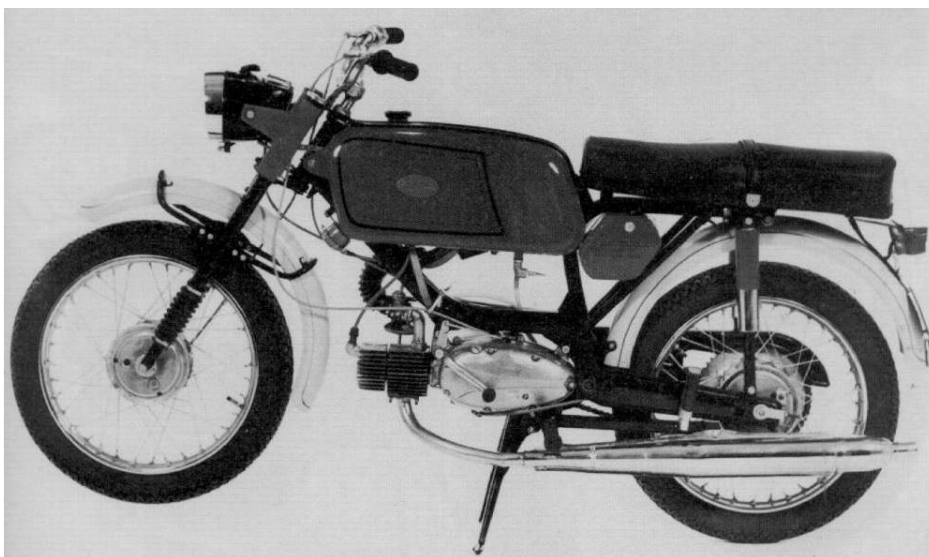


*Obr. 5: Jawa 50 typ 20[8]*



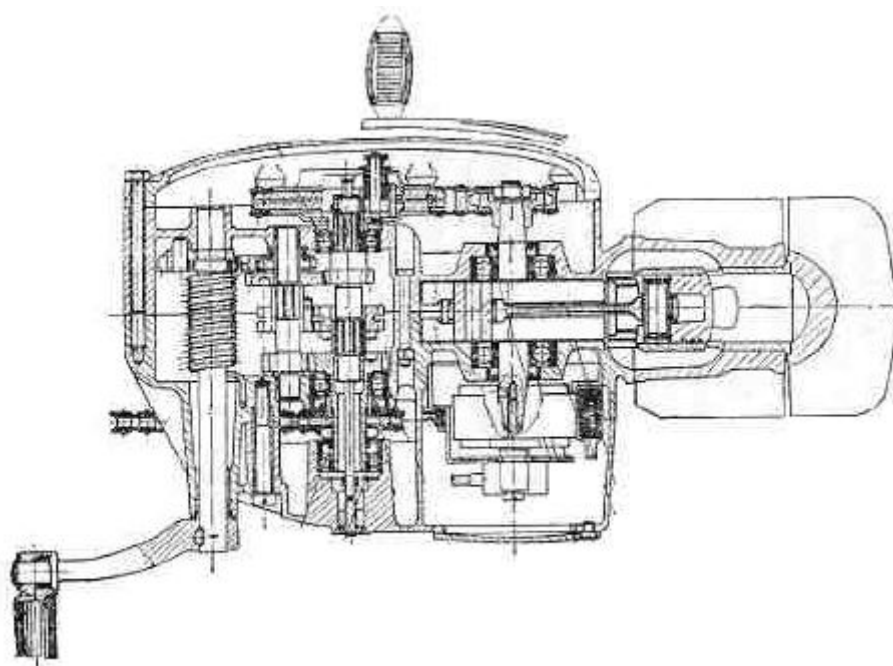
*Obr. 6: Jawa 50 typ 21 sport[8]*

Už na konci padesátých let minulého století motocykly postupně začaly ztrácet funkci pouze levného dopravního prostředku a jejich hlavní role se postupně přesunula do oblasti volnočasových aktivit. Na tuto situaci chtělo reagovat i vedení značky Jawa, novým motocyklem JAWA 50, typem 23. V důsledku plánovaného hospodářství komunistického režimu ale bylo těžké prosadit jakékoliv změny z důvodu požadavku na výrobu velkých sérií motocyklů. Situaci pomohla vyřešit spolupráce s italskou značkou Italjet, která od roku 1966 používala motory Jawa 05 ve svých motocyklech Mustang a právě v něm Jawa našla inspiraci. Rám typu 23 vycházel z rámu typu 21 Sport, nejdůležitější změnou však bylo použití odlišné nádrže, která dodala motocyklu zcela jiný vzhled. První prototyp spatřil světlo světa v roce 1968.



*Obr. 7: První provedení motocyklu Jawa 50 typ 23[8]*

Pohonná jednotka byla prakticky beze změny převzata z modelové řady Jawa 50 typ 21 Sport včetně všech konstrukčních změn odpovídajících roku 1968. To znamená dvoudobý vzduchem chlazený jednoválec o objemu 49,8 cm<sup>3</sup> s rozměry válce 38x44mm (vrtání x zdvih), stupněm komprese 9,2 a tříkanálovým vratným vyplachováním. Kliková hřídel byla uložena ve dvou kuličkových ložiscích a ojnice ve válečkovém ložisku. Na levém čepu klikové hřídele bylo upevněno ozubené kolečko primárního řetězového převodu, na kužel pravého čepu byl nasazen rotor generátoru střídavého proudu. Přípravu pohonné směsi zajišťoval i nadále karburátor Jikov 2917 PSb-12 osazený hlavní tryskou 68. Zapalování bylo jako u předchozích typů malých Jaw magnetové 6V/20W, ale byla použita nová svíčka PAL 14-8R a předstih zážehu měl hodnotu 1,35 mm. Mazání motoru zajišťovala směs oleje s benzínem míchaná v poměru 1:30 a motor poskytoval výkon 2,4 kW (3,2k) dosahovaný při 6500 ot/min. Nezměnilo se ani převodové ústrojí, které bylo tvořeno dvoulamelovou spojkou v olejové lázni a třístupňovou převodovkou s nožním řazením.[1]



Obr. 8: Pohonná jednotka motocyklu Jawa 50 typ 23[2]

## 2 Historie a současnost závodů a sportovních úprav motocyklů JAWA 50 Pionýr

### 2.1 Historie závodů

V minulosti se pořádaly různé závody pro motocykly JAWA 50, převážně šlo o takzvané motocyklové soutěže, dnes známé pod pojmem enduro závody, v menší míře pak o silniční závody.

#### 2.1.1 Silniční závody, vznik kategorií JAWA 50 RS a GP

Historie kategorií JAWA 50 RS a GP se začala psát již v roce 2006 na Jičínsku, uskutečněním prvního závodu nazvaného Tour de Soda pod záštitou Jawa beer clubu. Závod se jel na veřejných komunikacích a byly vytvořeny dvě kategorie: Litina a Hliník, podle toho, že u strojů Jawa 50 typ 550 a 555 byly válce vyrobené z litinových odlitků, zatímco u ostatních typů z hliníkových. Postupně organizátoři povolovali různé úpravy motoru a ostatních částí stroje a navíc vzniknul seriál závodů nazývaný Venkovský Šampionát. V roce 2011 byla poprvé vypsaná třída JAWA 50 jako součást závodů historických vozidel v Nepomuku a nakonec v roce 2013 vstoupila pod oficiální záštitu Autoklubu ČR a přidala se k ostatním třídám závodů Miniracing, jezdících na motodromech (malých závodních okruzích). Vznikly tak kategorie JAWA 50 RS a GP, vypsané v Přeboru ČR – takže nejlepší jezdci získávají titul mistra republiky.

### 2.2 Sportovní úpravy strojů Jawa 50 používané v historii

Úpravy strojů pro závody se dají rozdělit do několika skupin. Jsou to úpravy motoru tj. pro zvýšení jeho výkonu nebo úpravy podvozku motocyklu pro zlepšení ovladatelnosti nebo např. průchodnosti terénem pro závody v terénu.

Při úpravě motoru na vyšší výkon hraje velkou roli úprava válce motoru. Zde záleží, zda je zachován originální kanálový rozvod a je pouze změněno časování kanálů, nebo je změněn a jsou např. přidány další prepouštěcí kanály. Velkou roli zde hraje i sací a výfukové potrubí. Protože při těchto úpravách se většinou zužuje pásmo použitelných otáček, souvisí s nimi i úprava převodovky. Ať už je to změnou převodových poměrů jednotlivých rychlostních stupňů originální převodovky nebo konstrukcí převodovky s více stupni a to buď pro použití v originálním bloku motoru nebo i s výrobou nového bloku.

Několik těchto úprav bylo zveřejněno v časopise Svět Motorů. Jednu z nich, popisující úpravu válce, výfukového potrubí a dalších částí motoru uvádím v příloze č. 1. Další, zabývající se konstrukcí čtyřstupňové převodovky a výrobou nového bloku motoru v příloze č. 2.

## 3 Přehled povolených úprav ve třídě JAWA 50 RS, aktuální stav používaných úprav

### 3.1 Pravidla třídy JAWA 50 RS

Motocykl musí vycházet z motocyklů JAWA 50 typ 550, 555, 05, 20, 21, 23, 23A, vyráběných v letech 1954 až 1985.

#### 3.1.1 Rám, podvozek

Rám včetně přední a zadní kyvné vidlice musí být použit originální, může být pouze vyztužen. Zadní pružící a tlumící jednotku je možno použít jakoukoliv. Může být změněna poloha stupaček, mohou být pevné nebo sklopné.

Kola musí být s drátěným výpletem originálního rozměru tj. 16 palců. Brzdy musí zůstat originální, bubnové. Pneumatiky lze použít libovolné, musí být schváleny pro použití k provozu na veřejných komunikacích tzn. je zakázáno použití pneumatik typu „Slick“.

Je povoleno použít kapotáž. Palivová nádrž musí zůstat originální.

#### 3.1.2 Motor

##### 3.1.2.1 Blok motoru

Kliková hřídel musí být původní nebo její replika, je povoleno použití libovolné ojnice s originální roztečí ok (100mm).

Zapalování může být libovolné tzn. i bezkontaktní ale bez programovatelných map předstihu.

Převodovka musí být originální konstrukce, je však povoleno změnit převodové poměry jednotlivých převodových stupňů. Totéž platí i u primárního a sekundárního převodu. Spojka musí zůstat originální - dvoulamelová s mechanickým ovládním.

##### 3.1.2.2 Válec

Válec musí být originální s originální vložkou válce. Úprava vložky válce je povolena. Rovněž počet kanálů ve válci musí zůstat původní.(1 sací, 2 přepouštěcí, 1 výfukový) a rozvod sání musí být pouze pístem. Maximální průměr vrtání válce je 40mm. Musí být zachována originální rozteč svorníků sání a výfuku a rozteč svorníků válce. Je zakázáno jakékoliv přidávání materiálu na hlavu

válce a válec, tudíž není možné např. zvětšit chladicí plochu žeber. Jsou povoleny „lapače“ vzduchu.

Hlava válce - lze upravit pouze objem spalovacího prostoru tj. zvýšit kompresní poměr.

Karburátor a výfukové potrubí jsou povoleny libovolné, ale je zakázáno použití více výfukových potrubí, výfukových přívěr a podobných zařízení pro změnu objemu výfukového potrubí za jízdy.

Kromě těchto pravidel musí být splněny i obecné technické předpisy pro silniční závody motocyklů – viz [3]. Dále byl také vydán dodatek k těmto pravidlům – viz [17].

### 3.2 V současnosti používané úpravy

Výsledkem relativně benevolentních pravidel této kategorie je poměrně značná rozmanitost závodních strojů. Naplno se tu projevuje lidová tvořivost, protože stroje nestaví profesionálové ale většinou každý závodník sám. I co se týče úprav motorů, jsou zde značné rozdíly třeba i podle toho, co vyhovuje stylu jednotlivých jezdců. Někteří vycházejí z historických úprav nebo svých vlastních poznatků. Každopádně každý si to své hlavní tajemství sřeží a každý má svůj přístup. I to je součást soutěže. Na následujících obrázcích jsou zobrazeny vybrané závodní stroje jezdců závodících v sezóně 2015.



Obr. 9: Závodní stroj Jiřího Uhra[10]





Obr. 10: Závodní stroj z dílny Otakara Plíška. V sezóně 2015 na něm závodil Jakub Bergman. [11]



Obr. 11: Stroj Pavla Hozmana má vzhled velice podobný originálnímu stroji. [12]



*Obr. 12: Závodní stroj Víta Pouchy[12]*



*Obr. 13: Závodní stroj Martina Prouzy[13]*



Obr. 14: Další stroj z dílny O. Plíška. Závodí na něm jeho syn Petr Plíšek. [14]



Obr. 15: Závodní stroj Jana Drbohlava[15]

## 4 Provedené úpravy konkrétního motocyklu JAWA 50



*Obr. 16: Pohled na hotový motocykl*

Pro přestavbu jsem zvolil motocykl Jawa 50 typ 23 rok výroby 1970. Většinu úprav jsem prováděl s ohledem na dostupnou technologii, materiál, čas a finanční prostředky.

### 4.1 Podvozek



*Obr. 17: Podvozek s motorem upraveného motocyklu*



*Obr. 18: Podvozek s motorem upraveného motocyklu*

Závody kategorie JAWA 50 RS se jezdí pouze ve dne, proto nebylo nutné použít osvětlení motocyklu. Rovněž nebylo nutné použít originální schránku na nářadí pod sedlem. Z důvodu snížení hmotnosti jsem rovněž nepoužil ani původní blatníky, požadavek na ochranu jezdce před deštěm není na závodním motocyklu příliš velký.

#### 4.1.1 Rám

Originální rám jsem vyztužil dutou příčkou čtvercového průřezu umístěnou pod nádrží, aby se vytvořil uzavřený celek. Polohu stupaček jsem posunul více dozadu kvůli lepší pozici jezdce. Stupačky jsou konstruovány jako pevné, z Al slitiny a opatřeny rýhováním. Stupačky nejsou sklopné, aby v případě pádu ochránili ostatní části motocyklu před stykem s asfaltem a následným poškozením.

#### 4.1.2 Přední vidlice



*Obr. 19: Vyztužení přední vidlice*

Protože originální přední vidlice má malou tuhost, vyztužil jsem ji přivařením druhého spodního nosníku, takže vzniknul uzavřený dutý profil a širší uložení nosných trubek vidlice. Dále jsem vyrobil další výztuhu vidlice z Al slitiny, ke které je zároveň připevněn přední blatník. Původní provedení uchycení blatníku je vidět na obr. 7. Součástí přední vidlice je i tabulka se startovním číslem, která je přichycena dvěma gumovými smyčkami, pro snadnou a rychlou demontáž.

#### 4.1.3 Řídítka

Řídítka jsem vyrobil dělená, opatřená koncovkami z Al slitiny, která se objímkou stahují na nosné trubky vidlice a taktéž ovlivňují polohu jezdce. Tento způsob uchycení má vyšší tuhost než originální a zlepšuje odezvu řízení, čímž kladně ovlivňuje ovladatelnost. Ovládací páčky a jejich uchycení jsem použil z motokrosového motocyklu ČZ.

#### 4.1.4 Zadní kyvná vidlice

Zadní kyvná vidlice je svařena z plechových výlisků spojených propojovací trubkou. Na rámu je vidlice uložena v gumových pouzdrech.

Propojovací trubka použité vidlice byla zničená, nahradil jsem jí novou a zároveň jsem přepracoval uložení na kluzná ložiska za účelem zvýšení tuhosti celé soustavy.

Zadní tlumící a pružící jednotky jsou vyrobené firmou Zbrojovka Březnice. Jsou určené přímo pro tento motocykl jako náhrada originálních jednotek.



*Obr. 20: Zadní kyvná vidlice s přepracovaným uložením*

#### 4.1.5 Kola, brzdy

Z cenových a provozních důvodů jsou použity originální ocelové ráfky místo lehkých duralových.

U originálních bubnových brzd jsem obrobením přerovnal brzdnu plochu v bubnu. Obložení na brzdových čelistech je použito lepené a rovněž osoustružené tak, aby při rozevření čelistí co největší částí dosedlo na brzdový buben a účinek brzd byl co největší.

#### 4.1.6 Sedlo, nádrž a ostatní části motocyklu

Pro výrobu nového sedla jsem jako základ použil laminátový polotovár pro sedlo historického závodního motocyklu Yamaha RD 350 a ten jsem upravil pro svoje potřeby. Toto řešení je lehčí a má i lepší ergonomii než původní sedlo.

Přední blatník má minimální velikost, tak aby vyhověl technickým předpisům. Zadní blatník není třeba použít, pokud kryt sedla sahá ke svislé tečně vnějšího obvodu zadního kola [3], což splňuji, proto jsem zadní blatník nepoužil.

Nádrž jsem použil originální, pouze palivový kohout je nahrazen provedením s odkalovací jímkou, ve které se zachytávají případné nečistoty v palivu.

Použitý digitální otáčkoměr je značky Stage6. Je lehký, malý a přitom dostatečně přehledný a jeho rozsah vyhovuje pro dosahované maximální otáčky motoru.

### 4.2 Motor

Úpravy provedené na tomto motoru jsou podobného typu jako úpravy popisované v příloze č. 1. Rozdílů jsou v některých rozměrech a provedení úprav tak, aby vyhovovali pravidlům kategorie JAWA 50 RS.

#### 4.2.1 Blok motoru

Na bloku motoru je upraven výstup přepouštěcích kanálů z prostoru klikového hřídele tak, aby lícovál s kanály ve válci. Odvětrání karterových plynů jsem svedl hadičkou do záchytné jímky připevněné k rámu. Toto provedení je předepsáno v technických předpisech silničních závodů [3].

#### 4.2.2 Válec

Úpravu válce a vložky válce jsem svěřil do rukou panu Jaroslavu Walterovi, bývalému konstruktérovi závodních motorů motocyklů ČZ, který upravil tvar i časování kanálů ve válci a také mi poskytl cenné rady ohledně nastavení a provozu závodního motoru. Rovněž mi doporučil použít píst se dvěma, 1 mm silnými kroužky a kvůli zvýšenému zahřívání upravil jeho kuželovitost a kruhovitost. Předpokládané maximální otáčky motoru jsou  $12\,000\text{ min}^{-1}$ .

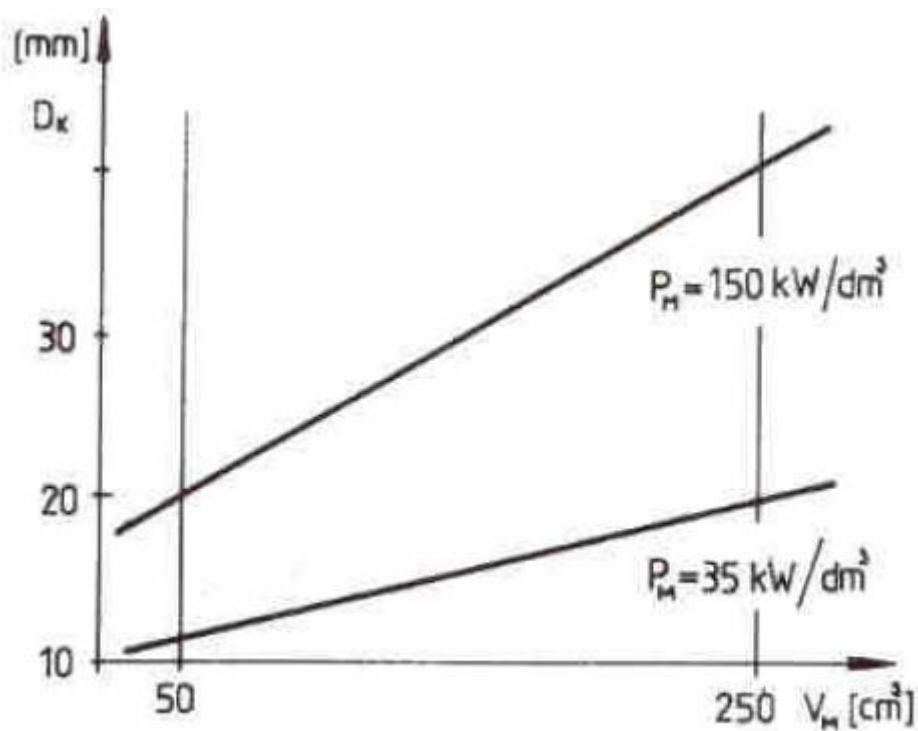
#### 4.2.3 Hlava válce

Byla upravena hlava válce, tak aby byl zvýšen teoretický kompresní poměr na hodnotu 12:1.



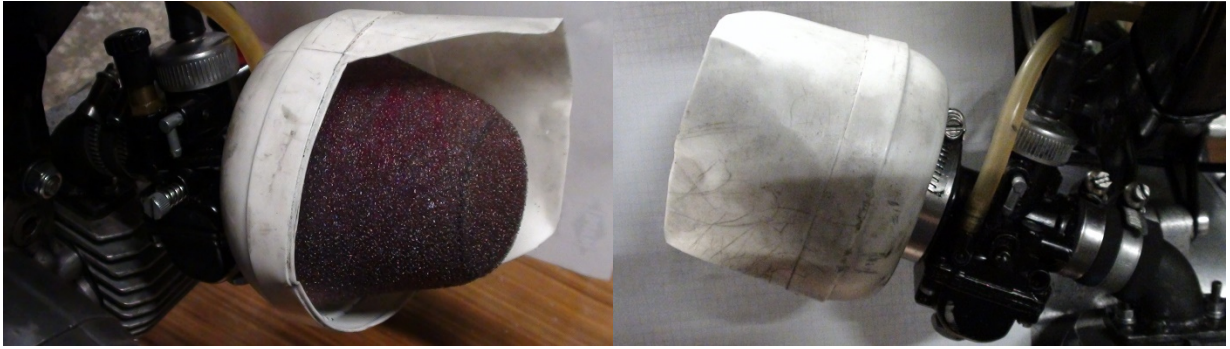
#### 4.2.4 Sací potrubí a karburátor

Použil jsem karburátor značky Dellorto model 21 PHBG racing, který má průměr difuzoru 21 mm a vyznačuje se plovákovou komorou se středovou zátkou pro snazší výměnu hlavních trysek. Volbu zdůvodňuje i graf na Obr. 21, kde velikost difuzoru karburátoru pro motor o zdvihovém objemu 50 cm<sup>3</sup> a výkonu do 7,5kW je 20 mm. Vzhledem k povolenému vrtání válce 40mm může být zdvihový objem až 55,3 cm<sup>3</sup>, proto jsem zvolil průměr difuzoru právě 21mm. Karburátor s tímto průměrem difuzoru je navíc i dostupnější.



Obr. 21: Závislost měrného výkonu, zdvihového objemu a průměru difuzoru karburátoru jednoválcového dvoudobého motoru. [2]

Vliv na výkon motoru má i délka sacího potrubí. Při stavbě motocyklu jsem se snažil vyrobit potrubí co nejkratší, aby se dalo případně prodloužit při hledání ideální délky ale je zde ještě prostor pro optimalizaci. Karburátor je uložen v gumové hadici, aby nedocházelo k přenosu vibrací od motoru.



*Obr. 22: Pohled na sestavu sacího potrubí s karburátorem*

Vzduchový filtr jsem použil molitanový. Při znečištění, např. prachem, je možno ho umýt a po opětovné impregnaci znovu použít. V případě deště je filtr částečně chráněn plastovým krytem tak, aby se zabránilo nasátí vody do karburátoru a dále do motoru a zároveň nebyl omezen průtok vzduchu filtrem.

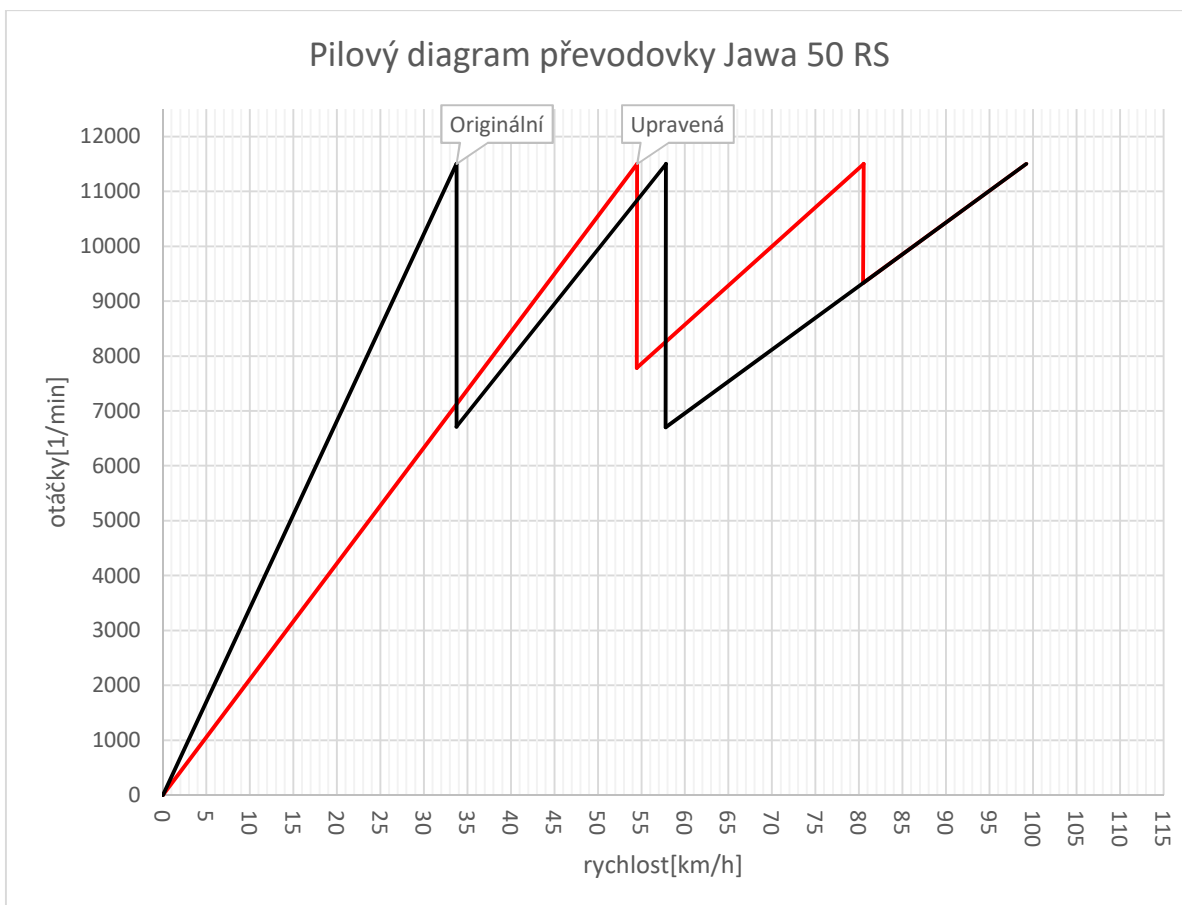
#### 4.2.5 Výfukové potrubí

Pan Walter mi rovněž poskytl nákres dvou vhodných rezonančních komor výfuku, které jsem vyrobil, ovšem rozhodnout, která z nich je vhodnější z hlediska maximálního výkonu motoru a zároveň jeho průběhu, je bez změření výkonu na válcovém dynamometru velmi obtížné.

Z důvodu omezení hlučnosti bylo nutné výfukové potrubí osadit tlumivkou. Nejsnazší řešení bylo použít tlumivku z výfukového systému jiného motocyklu, v tomto případě také s jednoválcovým dvoudobým motorem. Dle technických předpisů pro silniční závody nesmí žádná část výfukového potrubí přesahovat za svislou tečnu s vnějším okrajem zadního kola[3]. Aby toto bylo splněno, umístil jsem tlumivku nad zadní kužel rezonanční komory výfuku.

#### 4.2.6 Převodovka, rozjezdová spojka a stálý převod

Převodovku jsem pořídil upravenou se změněnými převodovými poměry u jednotlivých rychlostních stupňů, tak aby více vyhovovala motoru s užším rozsahem výkonu, jak je vidět z pilového diagramu na Obr. 23. Nově vyrobená ozubená kola mají změněný systém řazení 3. rychlostního stupně. Místo kolíků jsou použity kameny a to umožňuje řazení 3. rychlostního stupně bez použití spojky. Předloková hřídel převodovky je originálně uložena v kluzných ložiskách, já jsem tyto ložiska nahradil valivými.



Obr. 23: Srovnání pilového diagramu originální převodovky (černá) a převodovky upraveného motoru (červená)

Kliková hřídel je spojena s převodovkou primárním řetězovým převodem, přičemž velké řetězové kolo je tvořeno dvěma lamelami rozjezdové spojky. Pro přenos točivého momentu z motoru na zadní kolo slouží sekundární převod, zde opět realizovaný řetězovým převodem. Originální počet zubů řetězových kol primárního převodu je 14 a 34, sekundárního převodu 13 a 55.

Vzhledem ke zvýšení maximálních otáček motoru bylo potřeba změnit celkový převodový poměr stálého převodu a to zvláště na motodromech, kde mám vyzkoušené, že se maximální rychlost pohybuje jen okolo 80 km/h. Rychlost vozidla při zařazeném třetím rychlostním stupni, jehož převodový poměr je v tomto případě roven jedné, v závislosti na otáčkách motoru a celkovém převodu je dána vztahem:

$$v = \frac{2 \times \pi \times r_d \times n}{i_c} \quad (1)$$

Kde  $r_d$  je dynamický poloměr pneumatiky,  $n$  otáčky motoru a  $i_c$  celkový převodový poměr. Po vyjádření celkového převodového poměru vyjde vztah:

$$i_c = \frac{2 \times \pi \times r_d \times n}{v} \quad (2)$$

Maximální rychlost na motodromech se pohybuje okolo 80 km/h a při uvažování maximálních otáček motoru  $12000 \text{ min}^{-1}$  vychází potřebný celkový převodový poměr:

$$i_c = \frac{2 \times \pi \times 0,264 \times 12000 \times 3,6}{80 \times 60} \cong 14,9 \quad (3)$$

Změnu celkového převodového poměru lze realizovat změnou primárního či sekundárního převodu, které jsou oba realizovány řetězovým převodem. Celkový převodový poměr se tedy dá vyjádřit jako:

$$i_c = i_{pri} \times i_{sek} \quad (4)$$

Kde  $i_{pri}$  je převodový poměr primárního převodu a  $i_{sek}$  sekundárního. V Tabulka 1 jsou uvedeny používané varianty provedení stálého převodu.

Tabulka 1: Používané varianty provedení stálého převodu

	Počet zubů řetězových kol primárního převodu		Počet zubů řetězových kol sekundárního převodu		Celkový převodový poměr
	malé kolo	velké kolo	malé kolo	velké kolo	
1.	14	34	11	67	14,90
2.	11	36	12	55	15,00
3.	9	34	14	55	14,84
4.	11	34	11	55	15,45

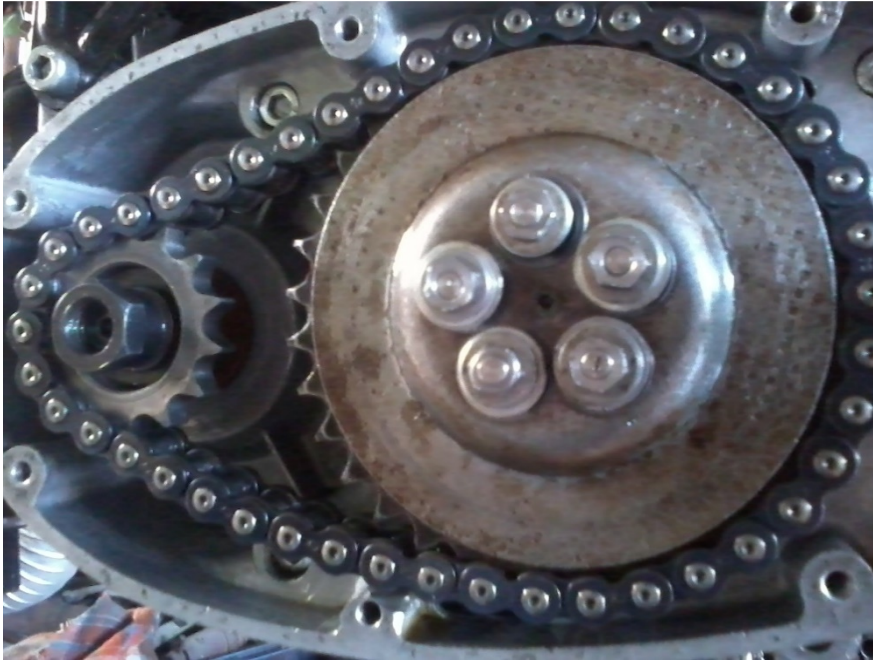
První varianta znamená použití originálního primárního převodu. Nejmenší počet zubů malého řetězového kolečka sekundárního převodu je u motoru Jawa 50 limitován na 11 zubů. Poté vychází potřebný počet zubů velkého řetězového kola-rozety 67 zubů. U takto rozdílných velikostí řetězových kol hrozí křížení řetězu a jeho špatné nabíhání a rozeta se již nevejde pod originální kryt řetězu. U zbývajících variant je změněn i primární převod a nejsou určeny pro originální délku řetězu primárního převodu z důvodu rozdílné osové vzdálenosti. V druhém případě je nutné použít starší, již opotřebovaný řetěz, který je o několik milimetrů delší než nový. Ve třetím případě je nutné řetěz o jeden článek zkrátit a znovu spojit. Kvůli velmi malému roztečnému průměru malého řetězového kola a zvýšeným otáčkám klikového hřídele působí na řetěz velká úhlová zrychlení a dochází k jeho zadírání. Ve čtvrtém případě je opět nutné řetěz rozpojit a jeden článek nahradit speciální spojkou. Za nejvhodnější považuji druhou variantu, i přestože je nutné používat a vyhledávat dostatečně opotřebované řetězy a zároveň u již používaného často kontrolovat jestli opotřebení už nedosáhlo hranice jeho životnosti. Prakticky toto provádím po každém závodě.

Za účelem snížení ztrát jsem odmontoval originální náhon mechanického rychloměru se šroubovým soukolím a nahradil ho jednoduchou rozpěrkou. Rychloměr je možné použít elektronický, např. z jízdního kola.



*Obr. 24: Originální provedení rozety s unašečem a náhonem rychloměru*

S primárním převodem tohoto motoru úzce souvisí rozjezdová spojka. Originální spojka je řešena jako dvoulamelová s jedním mezilamelovým plechem. Lamely se protáčí na středovém dílu, ke kterému je 5 vodících čepů přinýtován pevný přítlačný talíř. Na vodících čepích jsou nasunuty pružiny přítlačující pohyblivý přítlačný talíř, zajištěné pojistnými kroužky. Z důvodu snadnější demontáže pružin jsem pojistné kroužky nahradil maticemi, které se dotáhnou až do výběhu závitu. Zároveň jsem vyrobil nový pevný přítlačný talíř tak, aby se dal ke středovému dílu přišroubovat pomocí vodících čepů. Závitové spojení je zajištěno lepidlem v závitu. Originální spojení těchto dvou dílů pomocí snýtování se časem uvolní i při původním výkonu motoru, proto jsem ho takto nahradil. Původní korkové obložení lamel jsem nechal nahradit speciálním obložáním na bázi gumy a korku.



*Obr. 25: Upravená rozjezdová spojka a primární převod*



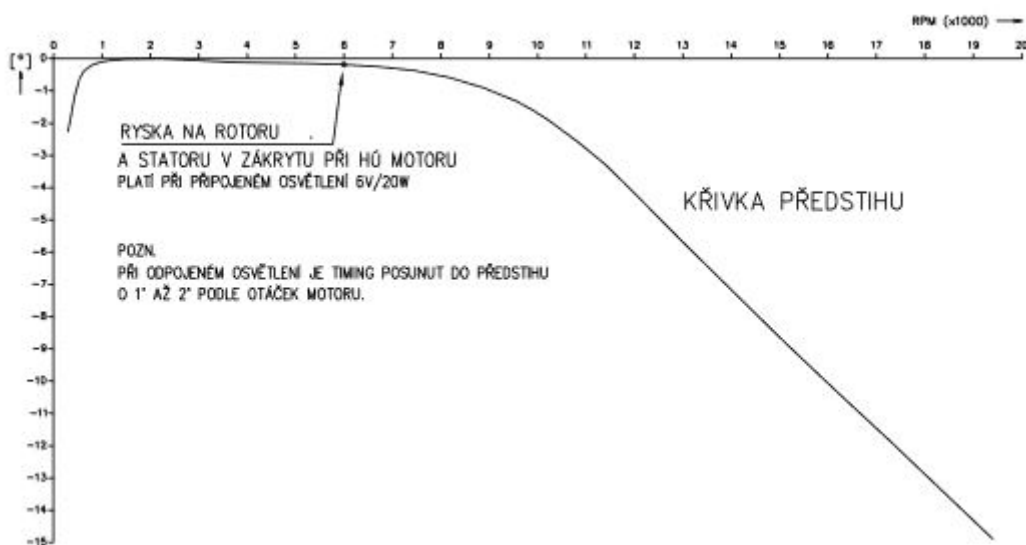
*Obr. 26: Srovnání originálního primárního převodu s počty zubů 14 a 34(dole) a upraveného převodu s počty zubů 11 a 36(nahoře). Vpravo je originální kostra spojkové lamely s otvory pro korkové obložení*

#### 4.2.7 Klikový mechanismus

U klikového mechanismu jsem použil ojnici značky CKR, která má v horním oku jehlové ložisko, splňuje podmínku rozteče ok 100mm, je robustnější a bez problémů jí používá mnoho ostatních závodníků. Ojnici jsem vyleštil z důvodu zvýšení únavové pevnosti, lepšího obtékání tekutinou a taktéž malého snížení hmotnosti. Použitá ojnice CKR a rovněž jiný píst mají odlišnou hmotnost než originální komponenty, bylo tedy nutné klikový mechanismus znovu vyvážit.

#### 4.2.8 Zapalování

Protože originální kladívkové zapalování nemá při vysokých otáčkách motoru požadovanou spolehlivost, použil jsem bezkontaktní zapalování značky VAPE, konkrétně typ SZ86, které je vhodné i díky své charakteristice změny předstihu zážehu viz Obr. 27. Pro dvoudobý motor je vhodné předstih zážehu snižovat s rostoucími otáčkami. Navíc je toto zapalování přímo určené pro tento motor, jeho instalace je tedy velmi snadná.



Obr. 27: Křivka předstihu zážehu použitého zapalování[5]



## 5 Dosažené výkony motocyklu

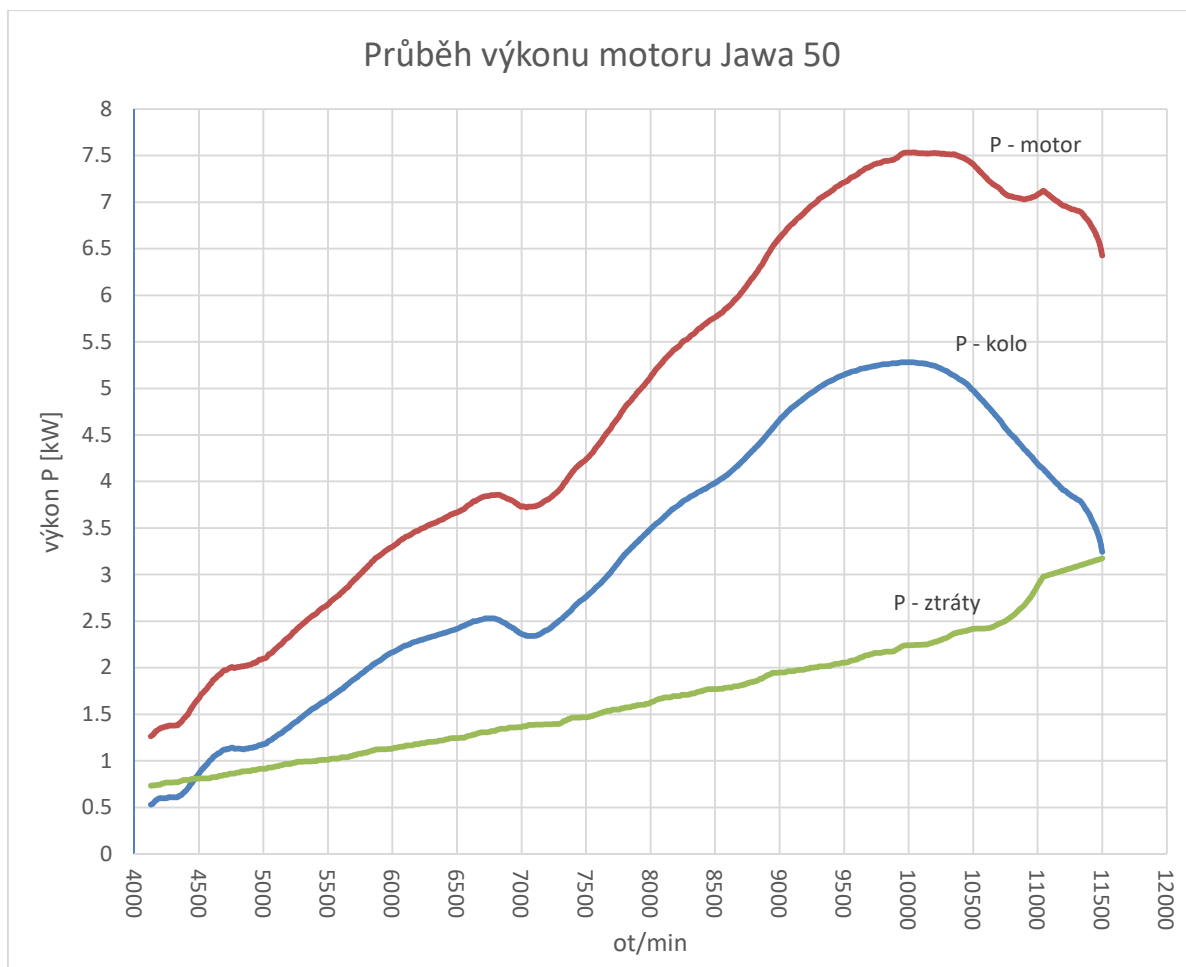
### 5.1 Výkon motoru

V rámci mé bakalářské práce mi bylo umožněno změřit výkon motoru na válcovém dynamometru v univerzitní laboratoři Na Julisce. Bylo potřeba vyrobit upevňovací rám pro motocykl, za jeho realizaci a rovněž za umožnění měření vděčím panu Ing. Vojtěchu Klírovi, Ph.D a jeho kolegům.



*Obr. 28: Motocykl upevněný na válcovém dynamometru*

Měření probíhalo při zařazeném třetím rychlostním stupni a změřen byl i ztrátový výkon při dobohové zkoušce. Naměřené hodnoty zobrazují závislost výkonu motoru na rychlosti jízdy vozidla respektive rychlosti otáčení zadního kola. Po přepočtení na otáčky motoru jsem sestrojil graf na Obr. 29.



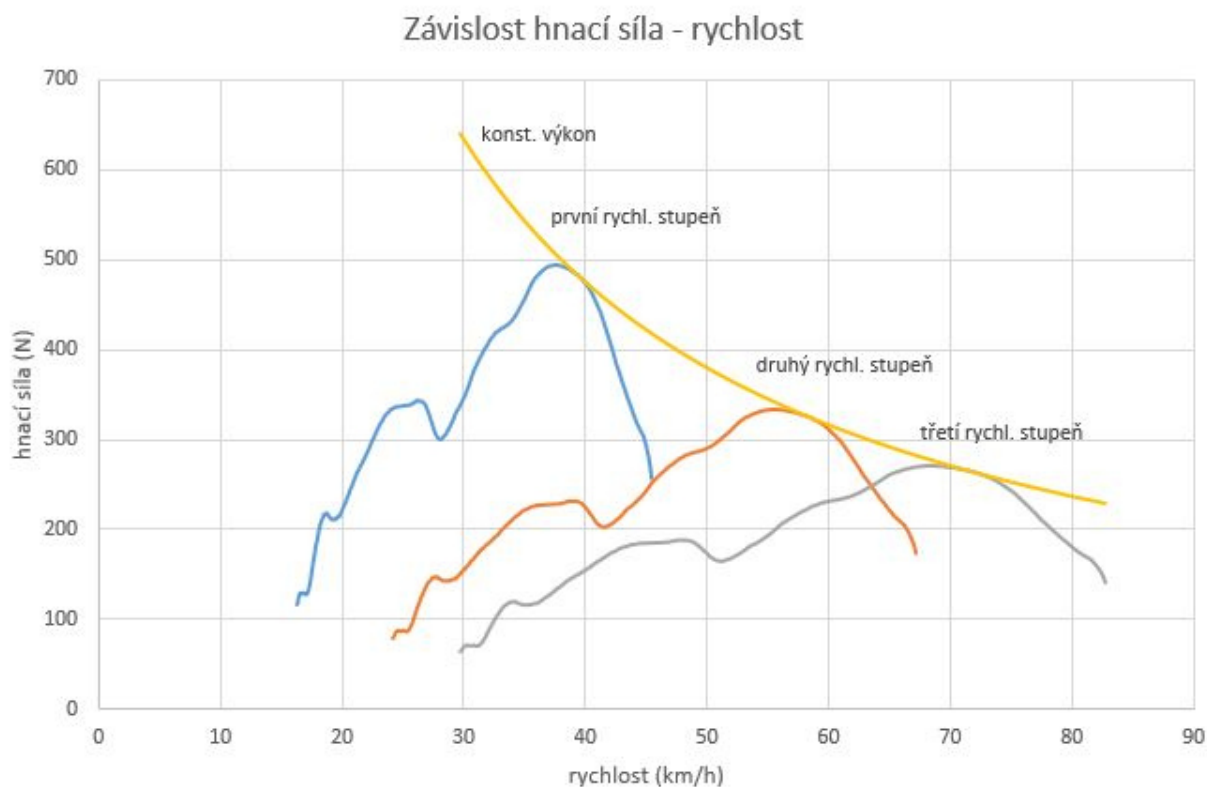
Obr. 29: Průběh výkonu motoru

Zde křivka P – kolo označuje výkon motoru změřený přímo na zadním kole a P – ztráty označuje ztrátový výkon změřený při doběhové zkoušce a vyjadřuje ztráty v převodovém ústrojí motocyklu vzniklé při přenosu výkonu od klikové hřídele až na zadní kolo. Křivka P – motor, vyjadřující výkon přímo na klikovém hřídele pak vznikla jejich prostým součtem.

Tyto hodnoty byly změřeny na jaře roku 2016 ještě před začátkem závodní sezóny. V jejím průběhu jsem prováděl další testy a úpravy týkající se především výfukového potrubí. Na podzim proběhlo další měření, při kterém ale rozjezdová spojka již nebyla schopna přenášet výkon a točivý moment motoru. Na začátku měření jsme si v měřícím softwaru dynamometru nastavili otáčky motoru místo rychlosti otáčení zadního kola, podle otáčkoměru instalovaném na motocyklu. Porovnáním těchto dvou hodnot v průběhu měření jsme zjistili, že se neshodují a z toho jsme usoudili, že nejspíše prokluzuje spojka. Po její demontáži to bylo skutečně na první pohled patrné. Z tohoto lze vyvodit závěr, že si nemohu být jist, zda spojka částečně neprokluzovala již při prvním měření a jestli naměřené hodnoty nejsou tímto ovlivněny. Proto je nutné brát naměřené hodnoty pouze jako orientační. Válcový dynamometr měří sice točivý moment, ale rovnou ho přepočítává

na výkon, proto při zpětném výpočtu a konstrukci křivky točivého momentu z naměřených dat nemohu posoudit, zda docházelo k částečnému (velmi malému) prokluzu spojky či nikoliv.

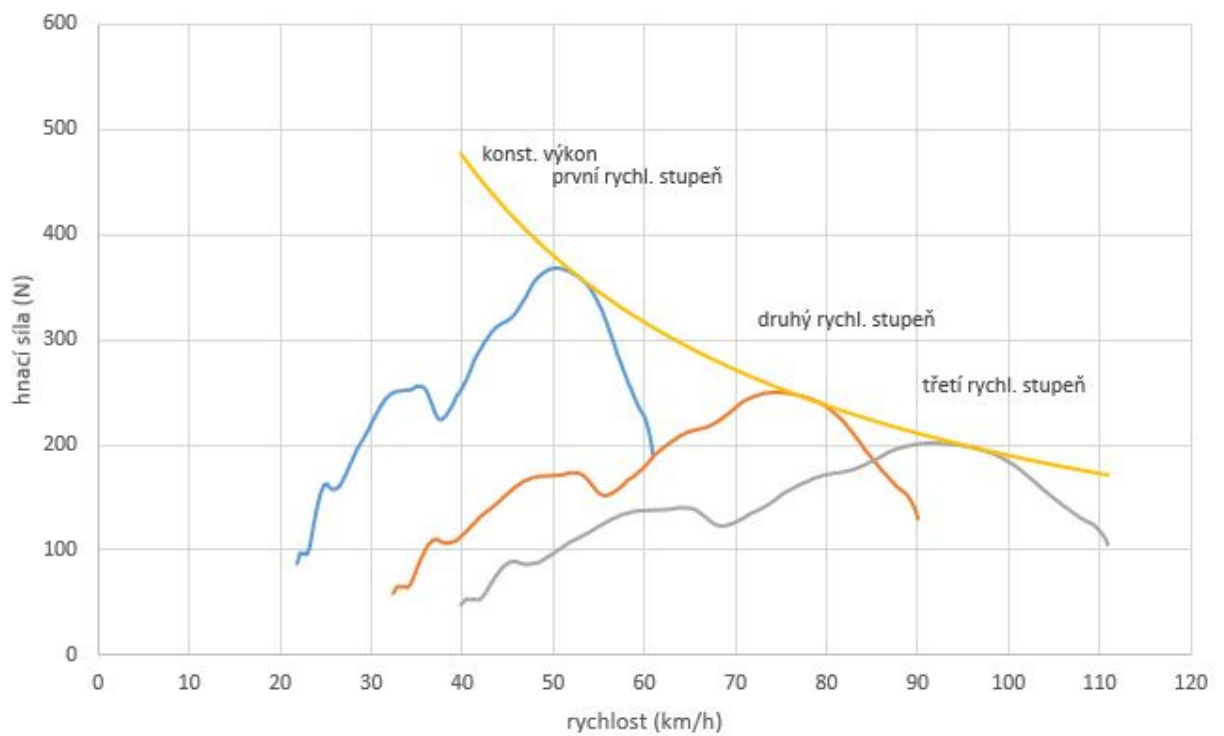
Jestliže znám výkon na zadním kole mohu určit i točivý moment, z něj vypočítat hnací sílu a sestavit závislost hnací síla – rychlost podle zařazeného rychlostního stupně a nainstalovaného stálého převodu. Na Obr. 30 je tato závislost pro tuto variantu stálého převodu: primární převod 11 a 36 zubů, sekundární převod 13 a 55 zubů, který nejvíce používám na motodromech.



*Obr. 30: Závislost hnací síla-rychlost pro variantu stálého převodu 11/36, 13/55*

Při závodech na přírodních okruzích jako je okruh v Jičíně a v Nepomuku, nejčastěji používám variantu stálého převodu s počty zubů 14 a 34 u primárního převodu a 12 a 51 u sekundárního. Závislost hnací síla – rychlost pro tuto variantu je na Obr. 31.

Závislost hnací síla - rychlost



Obr. 31: Závislost hnací síla - rychlost pro variantu stálého převodu 14/34, 12/51

Grafy této závislosti pro ostatní varianty stálého převodu jsem umístil do příloh.

## 6 Zhodnocení výsledku přestavby, srovnání s originálním motocyklem

Výsledkem provedených úprav je výrazné zlepšení dynamiky motocyklu a větší možnost nastavení pro dosažení co nejlepšího výsledku na jednotlivých závodních tratích. Oproti originálnímu stroji dosahuje většího zrychlení při akceleraci i brzdění a vyšší maximální rychlosti.

Největší podíl na zlepšení akcelerace a maximální rychlosti má zvýšený výkon motoru společně s jiným odstupňováním převodovky a převodovým poměrem stálého převodu. Dále to je snížení hmotnosti – originální hmotnost stroje je udávána 62 kg, upravený stroj váží 56 kg bez paliva. Došlo i ke snížení odporů, jednak valivých a to například odmontováním originálního náhonu rychloměru a snížením ztrát v převodovce nahrazením kluzných ložisek valivými.

Díky zvýšené účinnosti brzd se zkrátila brzdná dráha. Ke zkrácení brzdné dráhy přispívá i použití pneumatik s vyšším koeficientem adheze.

Na upraveném motocyklu je možno dosáhnout i vyššího bočního zrychlení tzn. lze projíždět zatáčky vyšší rychlostí a to také v důsledku použití pneumatik s vyšším koeficientem adheze.

## 7 Analýza možností dalších úprav

### 7.1 Rám a ostatní části motocyklu

#### 7.1.1 Úpravy pro další snížení hmotnosti

Dle mého názoru a jezdeckých zkušeností se motocykl s menší hmotností snadněji naklání a překlápí z jedné do druhé zatáčky a celkově snáze ovládá. Přestože hmotnost nemá největší vliv na ovladatelnost motocyklu, domnívám se, že má smysl se pokusit ji ještě snížit.

Poté co jsem odstranil všechny nepotřebné originální díly a upravil či vyrobil nové, tak aby byla splněna pravidla a nebyla ohrožena bezpečnost jezdce, nezůstává mnoho možností jak snížit hmotnost motocyklu.

Jednou z možností je použití materiálů s vysokými mechanickými vlastnostmi a nízkou hustotou tzv. ušlechtilé materiály. Z nich je však použití hořčíkových slitin, Titanu a kompozitů na rám a kyvnou vidlici v těchto závodech zakázáno [17]. Výjimku tvoří kapotáž, takže například výrobou předního blatníku, nádrže a krytu řetězu z kompozitů by se dalo dosáhnout snížení hmotnosti. Výroba těchto dílů je však poměrně náročná a nákladná a proto jsem jí zatím nezrealizoval.

Další způsob je optimalizace konstrukce dílů z hlediska jejich namáhání, tak aby se co nejvíce ušetřila hmotnost. Problémem je obtížné stanovení skutečného namáhání jednotlivých dílů například v případě pádu. Zde záleží na rychlosti, ve které jezdec s motocyklem spadne a jakým způsobem. Pády jsou samozřejmě velmi ovlivněny schopnostmi jezdce, nicméně například při tréninku v rámci závodního víkendu nebo v kvalifikaci, při snaze o co nejlepší čas kola a dobré umístění na startu, se mohou přihodit i těm nejlepším. Toto se dá řešit zásobou náhradních dílů, horší situace nastává, pokud jezdec spadne v průběhu závodu. Vzhledem k tomu, že body z každé rozjížděčky se počítají do celkového pořadí mistrovství republiky, je lepší získat alespoň jeden bod než žádný. Proto mám, při pádu nejvíce namáhané díly, záměrně předimenzovány aby nedošlo k jejich úplné destrukci a já mohl v závodě pokračovat. Jedná se v první řadě o stupačky a jejich uchycení, říditka a jejich uchycení, a protože jsou uchycena přímo na nosných trubkách přední vidlice, i o přední vidlici.

Tento problém řeší konkurenční závodníci obdobným způsobem, případně instalací různých tzv. padacích protektorů, které mají za úkol ochránit ostatní části motocyklu před poškozením.

V ostatních disciplínách silničních závodů se používají rovněž pevné stupačky a padací protektory.

### 7.1.2 Pneumatiky

Pravidla zakazují použít speciální hladké závodní pneumatiky, tzv. Slicky. To ale nevylučuje použití závodních pneumatik se vzorkem, nicméně ty se standartně nevyrobí pro průměr ráfku 16 palců. Nezbyvá než vyzkoušet běžně dostupné sportovní pneumatiky a z nich vybrat ty s nejlepšími vlastnostmi.

### 7.1.3 Brzdy

Známa a již dobře popsána úprava pro zlepšení účinnosti bubnových brzd spočívá ve zkrácení délky brzdového obložení na úběžné brzdové čelisti. Tuto úpravu jsem zatím nezrealizoval, brzdy mají dostatečný účinek.

## 7.2 Motor

Výkon motoru má zásadní vliv na akceleraci a dosažitelnou maximální rychlost vozidla. U dvoudobého motoru má největší vliv na jeho výkon válec a v něm provedený kanálový rozvod. Neméně významný vliv má i konstrukce výfukového potrubí s rezonanční komorou a délka, respektive objem sacího potrubí. Optimalizací těchto součástí by se dalo dosáhnout vyššího výkonu motoru a pravděpodobně i jeho lepšího průběhu.

Při optimalizaci je důležité analyzovat vliv jednotlivých částí motoru na jeho výkon a to konstrukcí termodynamického modelu nebo měřením výkonu na dynamometru, případně kombinací obou těchto způsobů. Na závěr by neměla chybět jízdní zkouška celého motocyklu na závodní trati s měřením dosažených časů na kolo, případně instalovat telemetri a vyhodnocovat naměřená data.

### 7.2.1 Rozjezdová spojka

Jak jsem již uvedl v kapitole 5, při posledním měření výkonu motoru prokluzovala rozjezdová spojka. Na to mohou mít společný vliv dva faktory: mírné zvýšení výkonu motoru od prvního měření a pokles přítláčné síly pružin v důsledku opotřebení obložení spojkových lamel. Poklesem přítláčné síly se snížila momentová kapacita spojky a ta již nebyla schopna přenášet přiváděný točivý moment.

Řešením tohoto problému je zvýšení přítláčné síly a to zvýšením předpětí pružin. Nejjednodušeji je to proveditelné přidáním podložek pod upevňující matice pro vyšší stlačení pružin, ale toto je omezeno nutností zachovat dostatečnou vůli mezi závity pružin pro dostatečný krok potřebný pro úplné rozpojení spojky.

Pokud by toto nestačilo, další řešení je použití pružin s vyšší tuhostí, které ovšem budou mít větší rozměry a bude nutná rekonstrukce a výroba nového pohyblivého přítlačného talíře spojky. Předpokládám, že by se tím vytvořila dostatečná rezerva v momentové kapacitě pro další zvyšování výkonu motoru.

### 7.2.2 Zapalování

Použité zapalování značky VAPE je konstruováno s dostatečným elektrickým výkonem pro provoz osvětlení originálního motocyklu. Vzhledem k tomu, že na tomto motocyklu osvětlení nepotřebuji, bylo by možné použít zapalování pouze se zapalovacími cívkami tj. konstruované pouze na výrobu el. energie k vytvoření jiskry na zapalovací svíčke. Případně by bylo možné použít zapalování pouze se snímačem natočení klikové hřídele a potřebnou el. energii by dodávala baterie, což pro závodní použití vyhovuje. V obou případech by se snížil výkon odebíraný z klikové hřídele pro výrobu el. energie.

### 7.2.3 Převodovka a stálý převod

Pro dosažení maximálního zrychlení vozidla na konkrétní závodní trati je potřeba upravit převodový poměr stálého převodu tak, aby v nejrychlejší místě na trati, tj. tam kde vozidlo jede na nejvyšší rychlostní stupeň a dosahuje maximální rychlosti, motor dosáhl maximálních otáček nebo byl mírně přetočený. Konkrétně při závodění na motocyklu Jawa 50 RS, jehož motor má poměrně malý výkon, se v praxi toto nastavení ukázalo jako klíčové pro úspěch na jednotlivých tratích a může být ovlivněno i jinými aspekty, které nyní popíši na konkrétním příkladu.

Trať závodu Nepomucký Trojúhelník je typická prudkým stoupáním, které začíná hned za ostrou levotočivou zatáčkou, která se projíždí na první rychlostní stupeň a je následováno stejně prudkým klesáním, zakončeným slepou zatáčkou za roh domu. Maximální rychlosti se samozřejmě dosahuje na konci klesání před začátkem brzdění. Vzhledem k tomu že výkony motorů motocyklů této kategorie jsou velmi vyrovnané, musím dbát na to, abych nezvolil příliš nízký převodový poměr stálého převodu (čím nižší převodový poměr, tím vyšší maximální rychlost). Dosáhnu sice vysoké maximální rychlosti, ale motocykl bude mít špatnou akceleraci, zvláště do kopce kde mi soupeř s lépe zvoleným převodovým poměrem ujede. Pokud ale jsem schopen zabrzdít na kratší vzdálenosti a jsem schopen do zmíněné slepé zatáčky, následující po klesání, vjet vyšší rychlostí než tento soupeř, mohu obětovat horší akceleraci do kopce a soupeře opět dojet a nejspíš i předjet na konci klesání nebo na výjezdu ze zmíněné zatáčky. Toto všechno mám možnost si vyzkoušet a

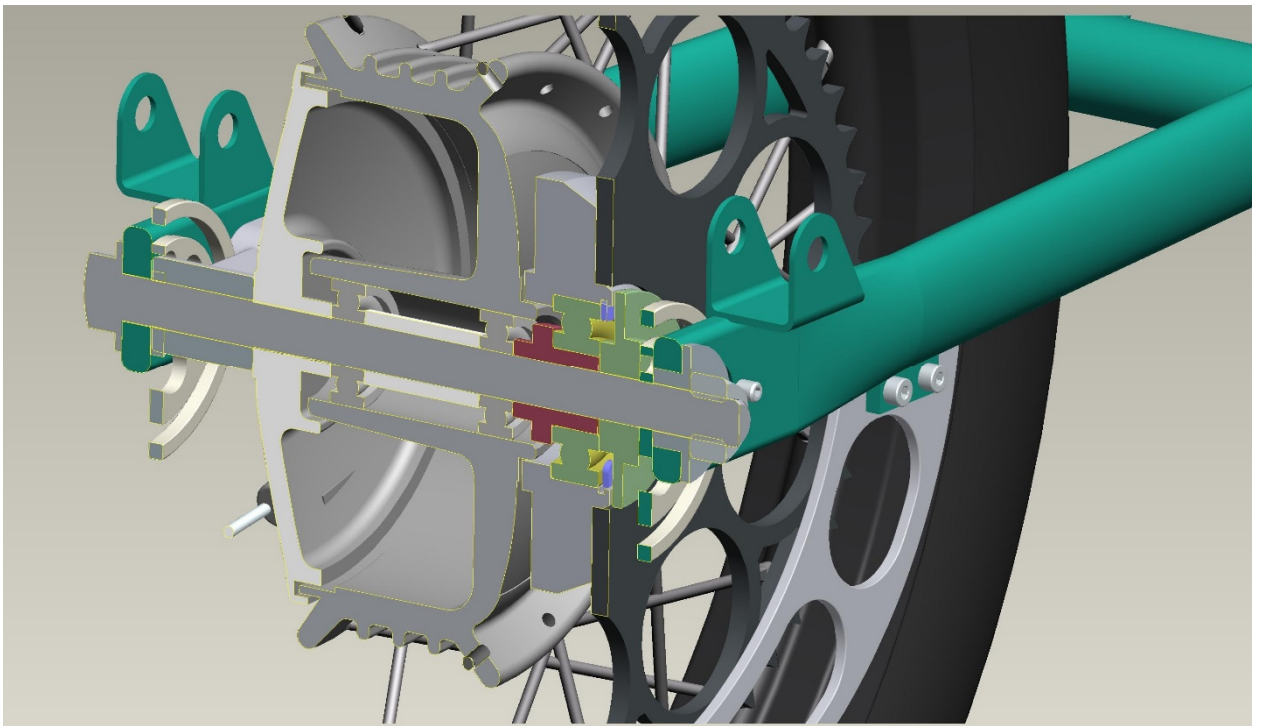


ověřit v trénincích před samotným závodem. Volbu převodového poměru stálého převodu tedy může ovlivňovat nejenom profil trati ale i strategie jezdce pro závod.

Obvykle měním převodový poměr změnou malého řetězového kola sekundárního převodu, které je k dostání s počtem zubů 11 až 15. Praxe však ukázala, že změna malého řetězového kola o jeden zub při použití originálního velkého řetězového kola (rozety) s 55 zuby příliš změní převodový poměr a tím i maximální rychlost motocyklu a bylo by vhodné změnit i počet zubů rozety. To ale znamená nutnost výroby nových rozet a s tím souvisí i přepracování uchycení rozety na zadním kole, tak jak to provedl například Vít Poucha, který byl tak laskav a poskytl mi dokumentaci k výrobě rozet s počtem zubů 51 až 57 a ke svému uložení rozety na zadním kole, z něhož jsem vycházel při realizaci vlastního řešení.

Tabulka 2: Dosažitelné hodnoty převodového poměru při použití rozet s počty zubů 51 až 57

počet zubů malého řetězového kola	počet zubů rozety	převodový poměr	počet zubů malého řetězového kola	počet zubů rozety	převodový poměr
11	57	5,182	13	53	4,077
11	56	5,091	14	57	4,071
11	55	5,000	13	52	4,000
11	54	4,909	14	56	4,000
11	53	4,818	14	55	3,929
12	57	4,750	13	51	3,923
11	52	4,727	14	54	3,857
12	56	4,667	15	57	3,800
11	51	4,636	14	53	3,786
12	55	4,583	15	56	3,733
12	54	4,500	14	52	3,714
12	53	4,417	15	55	3,667
13	57	4,385	14	51	3,643
12	52	4,333	15	54	3,600
13	56	4,308	15	53	3,533
12	51	4,250	15	52	3,467
13	55	4,231	15	51	3,400
13	54	4,154			



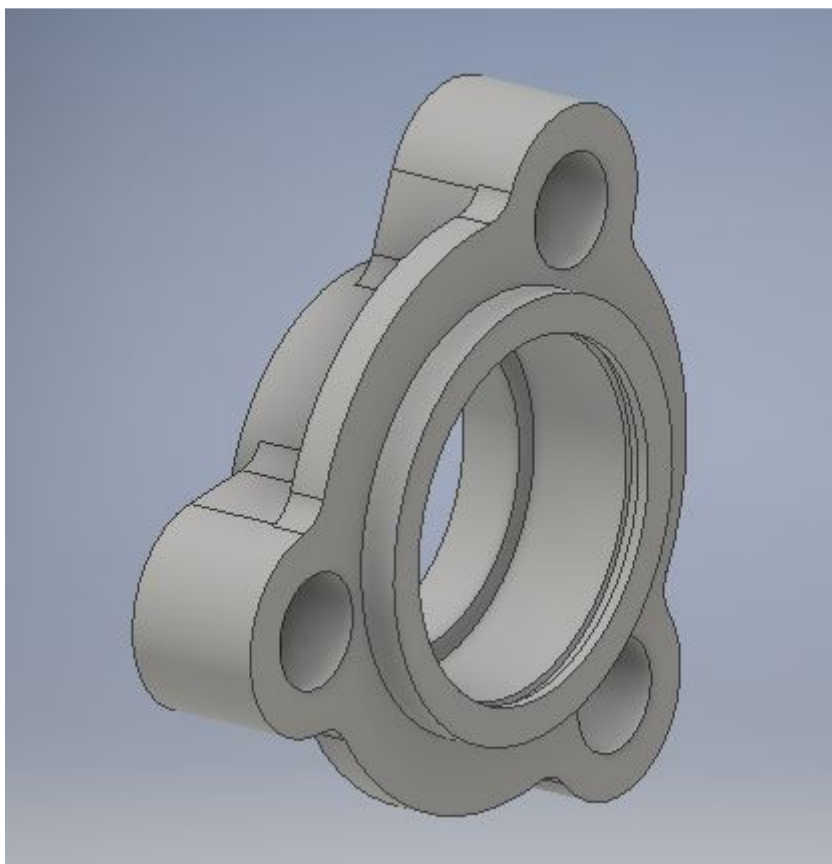
*Obr. 32: Pohled na přepracování uložení rozety tak jak jej provedl Vít Poucha*



*Obr. 33: Pohled na přepracování uložení rozety tak jak jej provedl Vít Poucha*

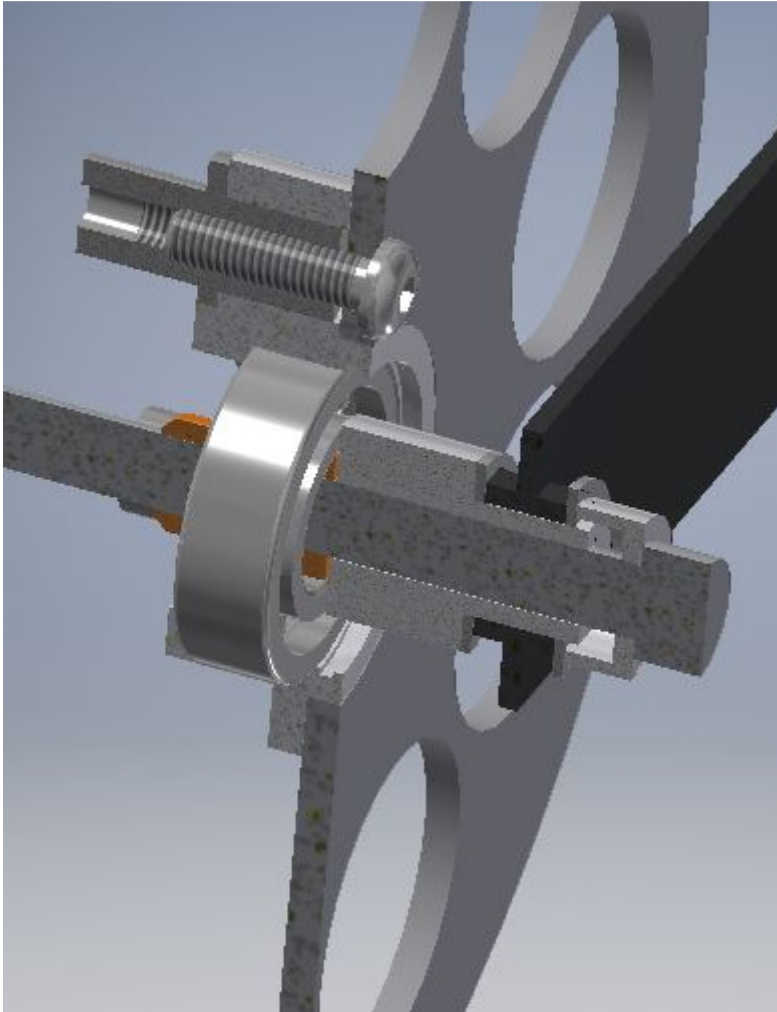
Při tomto konstrukčním provedení není sestava unašeče rozety připevněna k zadní kyvné vidlici ale je pomocí ložiska uložena přímo na ose zadního kola. Samotná rozeta je přišroubována třemi šrouby k čepům zapadajících do otvorů v náboji kola a sloužících k přenosu točivého momentu. Byly také nahrazeny napínačky řetězu za nové se spirálovitou drážkou, do které zapadá čep umístěný na vidlici. Jejich natáčením okolo osy zadního kola dochází k jejímu posouvání vpřed či vzad a tím i k povolování či napínání řetězu. Výměna rozety probíhá tak, že se povolí matice osy zadního kola a stejně tak i šrouby držící rozetu. Osa zadního kola se částečně vysune, tak aby se mohl sundat klobouk, součást kryjící ložisko a mající zároveň funkci rozpěrky a samotná rozeta.

Moje úprava tohoto provedení spočívá v úpravě náboje rozety, což je součást, ve které jsou upevněny čepy rozety i samotná rozeta.



*Obr. 34: Úprava náboje rozety*

Další změnou je použití zakrytého ložiska. Z tohoto důvodu již není nutné ho zakrývat další součástí. V původním provedení je počítáno s vytažením osy zadního kola na levou stranu motocyklu, čemuž na mém stroji brání výfukové potrubí. Ve svém provedení tedy počítám s demontáží osy vysunutím na pravou stranu motocyklu, navíc používám originální napínačky řetězu a kvůli tomu jsem byl nucen upravit i ostatní součásti jak je vidět na Obr. 35.



*Obr. 35: Sestava upraveného uložení rozety*

### 7.2.3.1 Kontrola namáhání vybraných součástí unašeče rozety

Veškerý točivý moment z rozety na kolo se přenáší pomocí tří čepů a tří imbusových šroubů M8, kterými je rozeta připevněna. Je tedy potřeba zkontrolovat namáhání těchto součástí.

#### 7.2.3.1.1 Kontrola namáhání šroubů

Šrouby jsou namáhány smykem a otláčením. Napětí ve smyku je definováno vztahem:

$$\tau = \frac{F}{S} \quad (5)$$

Kde  $F$  je zatěžující síla a  $S$  je plocha průřezu součásti. Po úpravě vznikne vztah:

$$\tau = \frac{\frac{M_{max}}{r}}{i \times \frac{\pi \times d_3^2}{4}} \quad (6)$$

Kde  $M_{max}$  je maximální přenášený točivý moment, který jsem určil při konstrukci dynamické charakteristiky motocyklu,  $r$  je rameno zatěžující síly,  $i$  počet šroubů a  $d_3$  průměr jádra šroubu.

Po dosazení hodnot vyjde:

$$\tau = \frac{\frac{156950}{38}}{3 \times \frac{\pi \times 6,466^2}{4}} = 41,9 \text{ MPa} \quad (7)$$

Šrouby jsou vyrobeny z třídy materiálu 8.8. Z toho vyplývá hodnota meze kluzu v tahu tohoto materiálu  $\sigma_k = 640 \text{ MPa}$ . Z teorie  $\tau_{max}$  vyplývá maximální dovolené napětí ve smyku:

$$\tau_D = \frac{\sigma_k}{2} = 320 \text{ MPa} \quad (8)$$

Bezpečnost  $k$  vůči tomuto dovolenému napětí pak vychází:

$$k = \frac{\tau_D}{\tau} = 7,6 \quad (9)$$

Napětí v tlaku je definováno vztahem:

$$p = \frac{F}{S} \quad (10)$$

Po úpravě vznikne vztah:

$$p = \frac{\frac{M_{max}}{r}}{i \times D \times t} \quad (11)$$

Kde  $D$  je vnější průměr šroubu a  $t$  je tloušťka rozety. Po dosazení hodnot vyjde:

$$p = \frac{\frac{156950}{38}}{3 \times 8 \times 5} = 34,4 \text{ MPa} \quad (12)$$

Bezpečnost vůči mezi kluzu materiálu vychází:

$$k = \frac{\sigma_k}{p} = 18,6 \quad (13)$$

#### 7.2.3.1.2 Kontrola namáhání čepů

Čepy unašeče rozety jsou namáhány též smykem a otláčením, použijí tedy rovnice 5 a 10 a pouze upravím plochu průřezu, která je u čepu tvořena mezikružím.

$$\tau = \frac{\frac{M_{max}}{r}}{i \times \frac{\pi \times (D_1^2 - D^2)}{4}} \quad (14)$$

Po dosazení hodnot vyjde:

$$\tau = \frac{\frac{156950}{38}}{3 \times \frac{\pi \times (15^2 - 8^2)}{4}} = 10,9 \text{ MPa} \quad (15)$$

Čepy jsou vyrobeny z materiálu 11 500, jehož mez kluzu  $\sigma_k = 275 \text{ MPa}$ . Dovolené napětí ve smyku pak vychází:

$$\tau_D = \frac{\sigma_k}{2} = 137,5 \text{ MPa} \quad (16)$$

Bezpečnost vůči dovolenému napětí:

$$k = \frac{\tau_D}{\tau} = 12,6 \quad (17)$$

Pro napětí v tlaku pro čepy platí:

$$p = \frac{\frac{M_{max}}{r}}{i \times D_1 \times l} \quad (18)$$

Po dosazení hodnot:

$$p = \frac{\frac{156950}{38}}{3 \times 15 \times 17} = 5,4MPa \quad (19)$$

Náboj rozety, ve kterém jsou uloženy čepy, je hliníková slitina o mezi kluzu  $\sigma_k = 150$  MPa.

Bezpečnost vůči mezi kluzu:

$$k = \frac{\sigma_k}{p} = 27,8 \quad (20)$$

Vypočítané bezpečnosti vůči mezi kluzu jednotlivých součástí jsou poměrně velké, avšak jedná se o bezpečnosti při statickém zatížení, kdežto reálné součásti jsou zatíženy dynamicky. Úplné vyřešení tohoto namáhání by bylo poměrně složité a dle mého názoru by přesáhlo rozsah této práce.



## ZÁVĚR

Tato práce popisuje provedenou přestavbu motocyklu JAWA 50 pro účast v silničních závodech třídy JAWA 50 RS. Součástí bakalářského projektu bylo tento stav doplnit o měření a vyhodnocení výkonu motoru, posouzení variant převodů na základě získaných dynamických charakteristik a v rámci analýzy dalších úprav byla provedena konstrukční úprava sekundárního převodu.

V první kapitole popisují historii a vývoj motocyklu JAWA 50 včetně přehledu všech vyráběných typů, kromě různých verzí určených pro vývoz do zahraničí.

V druhé kapitole popisují historické sportovní úpravy používané pro závody a vznik kategorií JAWA 50 RS a JAWA 50 GP v rámci Přeboru ČR.

Ve třetí kapitole uvádím přehled v současnosti povolených úprav pro třídu JAWA 50 RS. Dále uvádím přehled v současné době používaných úprav. Vzhledem k tomu, že většina závodníků při úpravách motoru vychází z vlastních poznatků, případně si nechala tyto úpravy někým provést, jsou detaily těchto úprav neznámé, případně předmětem utajení. Proto uvádím tento přehled pouze příložením fotografií závodních strojů, jezdících v sezoně 2015, ze kterých jsou úpravy ostatních částí motocyklu celkem zřejmé.

Ve čtvrté kapitole popisují úpravy, které jsem provedl na konkrétním motocyklu JAWA 50 typ 23 a to jak úpravy rámu a ostatních částí motocyklu, tak i úpravy motoru. U nakoupených dílů, jako je např. karburátor, převodovka, ojnice a zapalování uvádím, proč jsem se rozhodl právě pro tyto díly a jaké další úpravy byly spojeny s jejich použitím.

V páté kapitole popisují, jak probíhalo první a druhé měření výkonu motoru, přičemž při druhém měření byla překročena momentová kapacita spojky a ta začala prokluzovat. Možnou příčinou je zvýšení výkonu motoru od prvního měření a snížení přitlačné síly pružin v důsledku snížení jejich předpětí vlivem opotřebení spojkových lamel.

Z naměřených hodnot z prvního měření jsem sestrojil závislost hnací síly na rychlosti vozidla, zařazeném rychlostním stupni a zvoleném stálém převodu.

Upravený motocykl má značně lepší dynamiku jízdy než originální motocykl, dosahuje vyšší maximální rychlosti, vyššího zrychlení při akceleraci, brzdění a vyššího bočního zrychlení. Jak

uvádím v kapitole 6, na tyto parametry má největší vliv zvýšený výkon motoru, použití pneumatik s vyšším koeficientem adheze a zvýšení účinnosti brzd.

V kapitole 7 jsem navrhl několik možností jak dále snížit hmotnost tohoto motocyklu. Rovněž jsem navrhl možné úpravy několika dílů, konkrétně použití jiného zapalování a realizoval jsem rekonstrukci uložení rozety sekundárního převodu, která souvisí s výrobou nových rozet s různým počtem zubů pro lepší možnost nastavení stálého převodu podle profilu závodní trati a vzhledem k vyrovnaným výkonům soutěžících motocyklů i strategie jezdce pro závod. Provedl jsem i jednoduché pevnostní kontroly vybraných dílů tohoto uložení. Také jsem popsal, jak by bylo možné zvýšit momentovou kapacitu rozjezdové spojky, aby nedocházelo k jejímu prokluzu.

Upravený motocykl dosahuje konkurenceschopných výkonů, o čemž svědčí dosažené 4. místo v celkovém žebříčku Přeboru ČR 2016 a dvě třetí místa získaná v jednotlivých závodech tohoto šampionátu. Tento stroj dosahuje i poměrně vysoké spolehlivosti, kdy se sezona 2016 obešla bez větších problémů.

Tato práce může posloužit jako inspirace pro přestavbu vlastního motocyklu zájemcům o tyto závody a na jejím základě se mohou realizovat další úpravy vedoucí k dalšímu zlepšení vlastností a dynamiky tohoto motocyklu.

## SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN

Symbol	jednotka	popis
D	[mm]	vnější průměr šroubu
D <sub>1</sub>	[mm]	velký průměr čepu rozety
d <sub>3</sub>	[mm]	průměr jádra šroubu
F	[N]	zatěžující síla
i	[-]	počet součástí
i <sub>c</sub>	[-]	celkový převodový poměr
i <sub>pri</sub>	[-]	převodový poměr primárního převodu
i <sub>sek</sub>	[-]	převodový poměr sekundárního převodu
k	[-]	bezpečnost vůči napětí na mezi kluzu materiálu
l	[mm]	délka otláčované plochy čepu
M <sub>max</sub>	[N.mm]	maximální přenášený točivý moment
n	[min <sup>-1</sup> ]	otáčky motoru
p	[N.mm <sup>-2</sup> ]	tlak v místě dotyku součástí
p <sub>D</sub>	[N.mm <sup>-2</sup> ]	dovolený tlak v místě dotyku součástí
r	[mm]	rameno zatěžující síly
r <sub>d</sub>	[m]	dynamický poloměr pneumatiky
S	[mm <sup>2</sup> ]	plocha průřezu součásti
t	[mm]	tloušťka rozety
v	[km/h]	rychlost vozidla
τ	[N.mm <sup>-2</sup> ]	napětí ve smyku
τ <sub>D</sub>	[N.mm <sup>-2</sup> ]	dovolené napětí ve smyku
σ <sub>k</sub>	[N.mm <sup>-2</sup> ]	napětí na mezi kluzu materiálu

## LITERATURA

1. PAVLŮSEK, A.: *Motocykly Jawa 50 - 90 cm<sup>3</sup>*. CPress, 2. vydání, 2013, Brno, ISBN 978-80-264-0157-5
2. STEJSKAL, M. *Zvýšení výkonových parametrů zážehového jednoválcového dvoudobého motoru*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 116 s. Vedoucí diplomové práce Ing. David Svída, Ph.D.
3. Federace motocyklového sportu AČR: *Technické předpisy silniční závody motocyklů* [online].[cit. 2016-12-14]. Dostupné z: [http://www.jawa50gp.cz/pravidla/technicke\\_predpisy\\_silnicnich\\_zavodnich\\_motocyklu\\_2013.pdf](http://www.jawa50gp.cz/pravidla/technicke_predpisy_silnicnich_zavodnich_motocyklu_2013.pdf)
4. Federace motocyklového sportu AČR: *Národní technické předpisy JAWA 50* [online].[cit. 2016-12-14]. Dostupné z: <http://autoklub.cz/dokument/9936-2016-narodni-technicke-predpisy-jawa-50.html>
5. *Schéma zapojení zapalování SZ86* [online].[cit. 2016-12-14]. Dostupné z: [http://eshop.vape.cz/static/\\_dokumenty/1/7/3/A-SZ86-Schema-zapojeni.pdf](http://eshop.vape.cz/static/_dokumenty/1/7/3/A-SZ86-Schema-zapojeni.pdf)
6. HUSÁK, P.: *Upravujeme motocykl pro závod*. Praha: SNTL, 1974. Knížnice motoristy
7. FOALE, T.: *Motorcycle Handling and Chassis design: the Art and Science*. Sec. ed. Spain: Tony Foale, 2006. ISBN 8493328634.
8. *Stránky věnované malým motocyklům JAWA 50 Pionýr* [online]. [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: <http://www.jawa-50.cz/>
9. *Svět Motorů: týdeník motoristů*. Praha: Magnet - Press, 1964, **18**(13). ISSN 0039-7016.
10. *Obrázek č.9* [online]. [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: [http://eddie-racing.rajce.idnes.cz/Sosnova\\_2015/#DSC\\_6825.jpg](http://eddie-racing.rajce.idnes.cz/Sosnova_2015/#DSC_6825.jpg)
11. *Obrázek č.10* [online]. [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: [http://eddie-racing.rajce.idnes.cz/Sosnova\\_2015/#DSC\\_6826.jpg](http://eddie-racing.rajce.idnes.cz/Sosnova_2015/#DSC_6826.jpg)
12. *Obrázek č.11* [online]. [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: [http://eddie-racing.rajce.idnes.cz/Cena\\_mesta\\_Jicin\\_-\\_Memorial\\_Jiriho\\_Kostire\\_-\\_30-31.5.2015/#DSC\\_5373.jpg](http://eddie-racing.rajce.idnes.cz/Cena_mesta_Jicin_-_Memorial_Jiriho_Kostire_-_30-31.5.2015/#DSC_5373.jpg)
13. *Obrázek č.12* Osobní archiv Víta Pouchy

14. *Obrázek č.13* [online]. [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: [http://eddie-racing.rajce.idnes.cz/Sosnova\\_2015/#DSC\\_6823.jpg](http://eddie-racing.rajce.idnes.cz/Sosnova_2015/#DSC_6823.jpg)
15. *Obrázek č.14* [online]. [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: [http://eddie-racing.rajce.idnes.cz/Sosnova\\_2015/#DSC\\_6827.jpg](http://eddie-racing.rajce.idnes.cz/Sosnova_2015/#DSC_6827.jpg)
16. *Obrázek č.15* [online]. [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: [http://eddie-racing.rajce.idnes.cz/Cena\\_mesta\\_Jicin\\_-\\_Memorial\\_Jiriho\\_Kostire\\_-\\_30-31.5.2015/#DSC\\_5373.jpg](http://eddie-racing.rajce.idnes.cz/Cena_mesta_Jicin_-_Memorial_Jiriho_Kostire_-_30-31.5.2015/#DSC_5373.jpg)
17. *Dodatek k pravidlům pro kategorie JAWA 50 GP/RS 2014* [online]. [cit. 2016-12-29]. Dostupné z: [http://www.jawa50gp.cz/pravidla/dodatek\\_k\\_pravidlum\\_2014\\_-\\_16.2.2014.pdf](http://www.jawa50gp.cz/pravidla/dodatek_k_pravidlum_2014_-_16.2.2014.pdf)

## SEZNAM PŘÍLOH

1. Článek z časopisu Svět Motorů o úpravě motoru 05 pro závody
2. Článek z časopisu Svět Motorů popisující výrobu nového bloku motoru pro čtyřstupňovou převodovku
3. Grafy závislosti hnací síla – rychlost pro jednotlivé varianty stálého převodu s převodovým poměrem od 16,96 do 9,53

# Úprava motoru PIONÝR

Pro terénní závody motocyklů objemové třídy 50 cm<sup>3</sup> jsem pro sezónu 1964 se svými syny upravil motor Pionýr 65. Jedná se zejména o úpravu válce a hlavy. Motor nebyl po úpravách odzkoušen na brzdě, proto nemohu udávat dosažený výkon a úpravu je nutno považovat za amatérskou. Jelikož však zatím nebyla zveřejněna žádná jiná úprava, rozhodl jsem se na základě mnoha požadavků naší úpravy popsat. Upozorňuji, že byla uskutečněna zatím pouze na jednom motoru. Při zkouškách na silnici bylo dosaženo maximální rychlosti 85 až 90 km/h – podle váhy jezce. Maximální použitelné otáčky jdou do 9000 ot/min. Jiné hodnoty nebyly měřeny.

## POPIS ÚPRAVY:

### Hlava válce

Sériová hlava je snížena a je vytvořena antidetonací štěrbinou. Vlastní kompresní prostor se tvarově nemění. Úprava se dá

udělat velmi snadno na soustružce. Hlava může být snížena podle výkresu pouze současně s dále uvedenou úpravou vložky válce, neboť stupeň komprese je závislý na okamžiku uzavření výfukového kanálu. Po popsané úpravě hlavy podle výkresu bude objem kompresního prostoru při pistu v horní úvratí 3 cm<sup>3</sup> a teoretický stupeň komprese  $(50+3)/3 = 17$ . Budeme-li uvažovat skutečnost, tj. začátek stlačování směsí po uzavření výfukového kanálu, bude stupeň komprese  $(23+3)/3 = 12$ . Při tomto stupni komprese s správným seřízením karburátoru ještě výkon motoru během závodu neklesá, protože nedochází k vnitřnímu přehřátí a k detonacím.

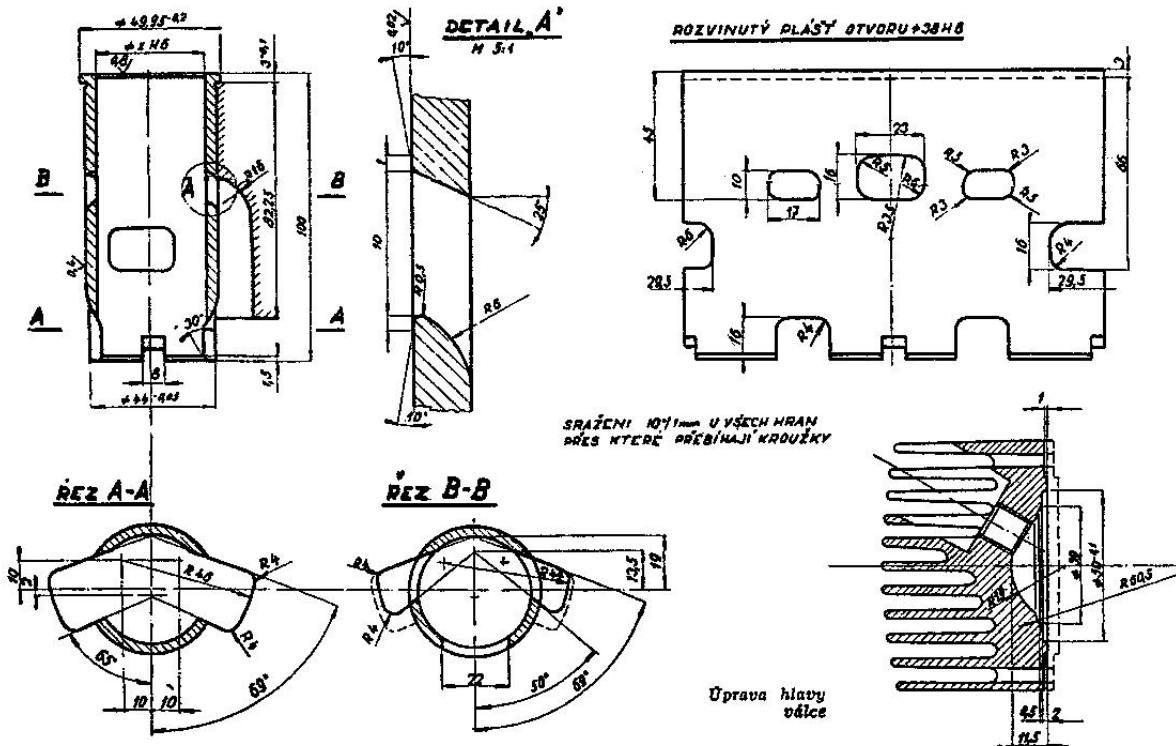
### Válec

Úprava vložky a válce podle výkresu je možná pouze po vyjmutí vložky z válce. Válec ohřejeme na 150 až 200° C a podložíme jej trubkou tak, aby se do ní vyrážela vložka vešla. Vložku vyrazíme přesným

osazeným trnem. Doporučuji zhotovit vyřázeční trn z plného materiálu na zasunutí v celé délce vložky s nejmenší svunou vůlí. Trn musí po vsunutí vložku ochlazovat a tím usnadnit vyřazení. Vložku i válec upravíme s největší možnou přesností. Upravenou studenou vložku pak zase zasuneme do předehřátého válce. Vložení je poměrně snadné, ale musí být uděáno přesně, neboť později již nelze vložkou pootočit. Všechny příčné hrany kanálů, přes které přecházejí pístní kroužky, nutno velmi pečlivě srazit v hodnotách podle detailu A (10°/1 mm). Úprava válce je pracná a vyžaduje značnou řemeslnou zručnost. Pro slicování přepouštěcích kanálů mezi válcem a motorovou skříní nutno zhotovit šablonu.

### Píst

Píst se upraví pouze ve výzech pro přefuky podle válce a na dolním kraji proti sacímu kanálu přímým orýsováním a opilováním (při pistu v horní úvratí).



### Klika

V současné době používáme kliky starého provedení, tj. s pístním čepem o  $\varnothing$  10 mm. Kliky nového provedení jsou použitelné až se zlepšenou jakostí ojnicového ložiska, které nabýho od září 1964. V případě, že opravujeme starou kliku, pozor na boční plochy, které jsou ve styku s válečky. Jsou-li tyto plochy poškozeny, musíme použít ocelových podložek nebo vyměnit setrvačnicku. Vyvažovací otvory zavrtáváme do osazení duralovými víčky o tloušťce asi 1 mm a zajistíme je proti vyřazení zaklepnutím. Po slisování nutno vyrovnat kliku na obou čepech v místě uložení s přesností 0,01 mm.

U starších typů motorových skříní dochází při vyšších teplotách k netěsnosti v dělící rovině. Abychom tomu zabránili, vkládáme do dělící roviny takových skříní výpínové rozříznuté mezikruží z duralu tloušťky 4 mm, výšky 15 mm a vnějšího průměru 104 mm, oboustranně zapuštěné do osazení v motorové skříní. Mezikruží musí být zajištěno proti pootočení a musí mírně pružit. Tím zlepšíme těsnost a spodní kompresi.

### Karburátor

Používáme karburátor Jikov o  $\varnothing$  18 mm, staré provedení z CZ 150 cm<sup>3</sup>. Montuje se šikmo polospádově podle fotografie v čísle 13-64 SM. Je nutno použít oddělenou plovákovou komoru, aby byla seřiditelná hladina. Hladina se musí seřidit tak, aby sice byla pokud možno nejvyšší, ale karburátor ještě nepřetékal. Seřízení si usnadníme hadičkou s nasunutou skleněnou trubičkou, kterou přiložíme až k šoupátkové komoře a posouváním celé plovákové komory seřídíme hladinu, která má být asi 1 mm pod hranou komínku trysky. Používáme trysky 90 až 95 podle počast. Při menších tryskách se motor přehřívá. Používáme směs 1:20 oleje Mix, případně LM 100 s benzínem o. č. 87.

### Mikročistič

Používáme mikročistič z Jawy 559 nebo z Flatu 600 (ne 600-D). Přechod pro čistič se musí hned od šoupátkové komory rozšířovat z průměru 30 mm na průměr cca 70 mm v délce cca 120 mm. Prostor mezi čističem a šoupátkovou komorou musí být dostatečně velký, neboť pracuje jako uklidňovací komora. V žádném případě se nemůže použít válcová spojovací trubka.

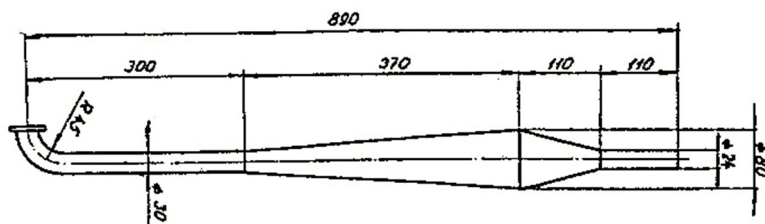
### Zapalování

Zapalování necháme téměř beze změny. Vzdálenost kontaktů 0,4 mm, předpal 1,6 až 1,8 mm. Kondenzátor, který je nadměrně tepelně namáhán, je lépe montovat mimo kryt. I opěrná hrana kladívka se při vysokých teplotách nadměrně opotřebovává, předpal je proto nutno stále hlídat a často seřizovat, prakticky po každém závodě. Dále pozor na nastavení polohy přerušovače vůči celému zapalování. Musí být dodržena přesná poloha, která bývá označena za krom. Předpal nutno seřizovat natáčením celého zapalování. Je vhodné překontrolovat seřízení asi při 1000 otáčkách magneta natáčením celé destičky přerušovače proti statoru a sledováním isker za vývodem z cívky. Optimální seřízení je při nejdelší jiskře (asi 10 mm). Pro úto zkoušku musíme točit motorem při vyjmuté svíčke jiným zdrojem.

### Výfuk

Podstatný vliv na výkon dvouobého motoru má výfuk. Odzkoušeli jsme asi 4 alternativy a nejlépe nám vyhovuje výfuk podle výkresu. Tím nechceme tvrdit, že je nejlepší a věříme, že je možné navrhnout ještě vhodnější. Zatím jsme neměli možnost se dále zabývat zkouškami a uvádíme současný stav. Kromě tvaru tlumiče nutno věnovat péči i kolenu u příruby válce. Jeho oblouk musí mít dostatečný poloměr, dobře slisované přechody a hladké vnitřní stěny.

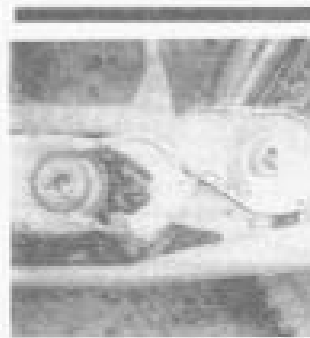
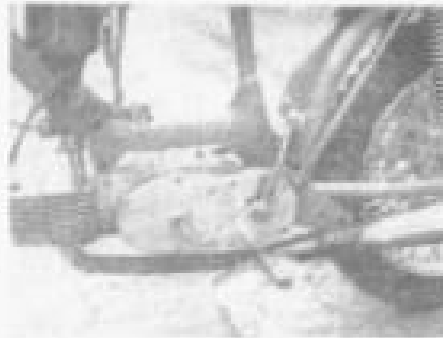
Uvedené úpravy jsou pouze směrné a informativní. Byly odvozeny od známých úprav větších motorů. Je známa i úprava s třetím přepouštěcím kanálem pro výkon 4 k při 7500 ot/min, ale nemám s ním osobní zkušenosti a tak jej nemohu popisovat. Uvedená úprava se nám v sezóně 1963 a hlavně 1964 osvědčila a takto upravený motor byl prakticky na všech závodech nejrychlejší, i když vozil jezdec o váze 80 kg. Poruchy upravený motor neměl, zatímco u ostatních sledovaných motorů jezdců Pražského kraje bylo zjištěno nadměrné opotřebení vložek a pístních kroužků. Životnost je s použitím mikročističe více než dvojnásobná, ale i tak je málo na dlouhých soutěžích. Trvanlivost kroužků je pouze dva závody, životnost vložky 6 až 8 závodů. V. Krejčich



Výfukové potrubí s expanzní komorou



ČTYR-  
STUPOVÁ  
PŘEVODOVKA  
PRO  
PIKOTRA



Tento motor Pioneer se čtyřstupňovou převodovou a motocyklu ČK 125, vpravo jsou jednotlivé díly.

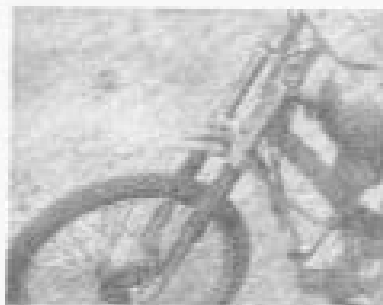
Přijímáme výzvu motorů svých motocyklů (ne jedná se o žádný nový motor, ale o poznání). Pokud by se jednalo o nový motor, jaký by to byl? Chtěl bych se dozvědět, jaký by to byl motor, který by měl být určen k jízdě a mohl by být použit i k jízdě. Pokud by se jednalo o nový motor, jaký by to byl? Chtěl bych se dozvědět, jaký by to byl motor, který by měl být určen k jízdě a mohl by být použit i k jízdě.

Převodová skříň 125 cm<sup>3</sup> je vyrobena z ocelového profilového materiálu (nikoliv ze speciálního materiálu) a má dva stupně. Jediný nový motor, který by měl být určen k jízdě a mohl by být použit i k jízdě.

Motorový blok je vyroben z ocelového profilového materiálu (nikoliv ze speciálního materiálu) a má dva stupně. Jediný nový motor, který by měl být určen k jízdě a mohl by být použit i k jízdě.

Motorový blok je vyroben z ocelového profilového materiálu (nikoliv ze speciálního materiálu) a má dva stupně. Jediný nový motor, který by měl být určen k jízdě a mohl by být použit i k jízdě.

M. Křižík



Motorový blok Pioneer - s výhledem na motor a převodovou skříň.

JEDNODUCHÁ  
KONTROLA  
ČINNOSTI  
BRZO

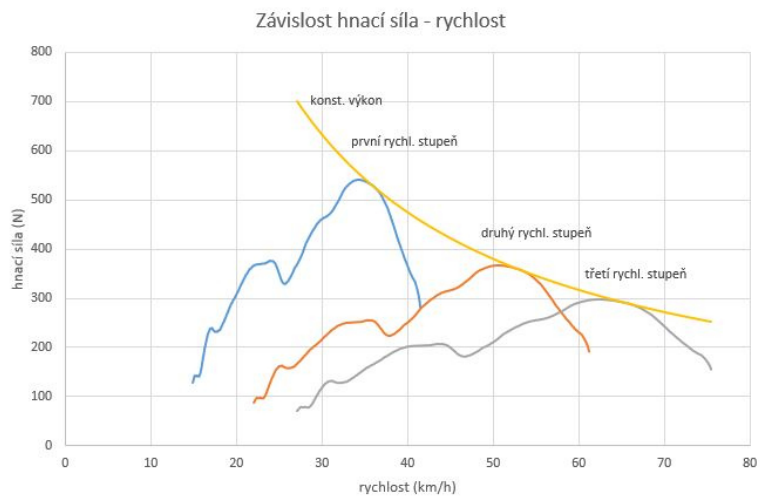
Vstupní skříň motoru Pioneer je vyrobena z ocelového profilového materiálu (nikoliv ze speciálního materiálu) a má dva stupně. Jediný nový motor, který by měl být určen k jízdě a mohl by být použit i k jízdě.



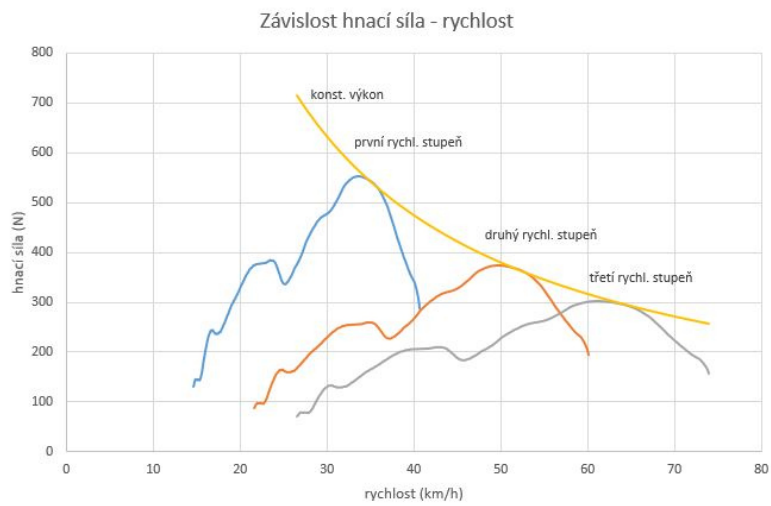
Motorový blok je vyroben z ocelového profilového materiálu (nikoliv ze speciálního materiálu) a má dva stupně. Jediný nový motor, který by měl být určen k jízdě a mohl by být použit i k jízdě.

Motorový blok je vyroben z ocelového profilového materiálu (nikoliv ze speciálního materiálu) a má dva stupně. Jediný nový motor, který by měl být určen k jízdě a mohl by být použit i k jízdě.

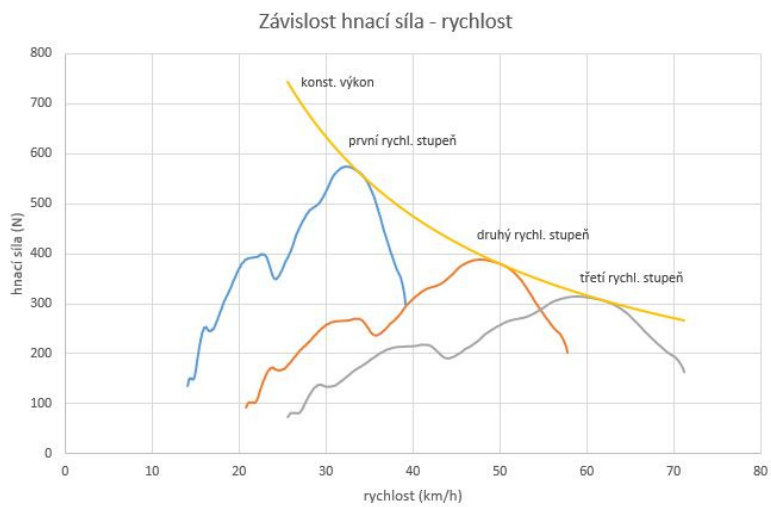
Příloha č. 3



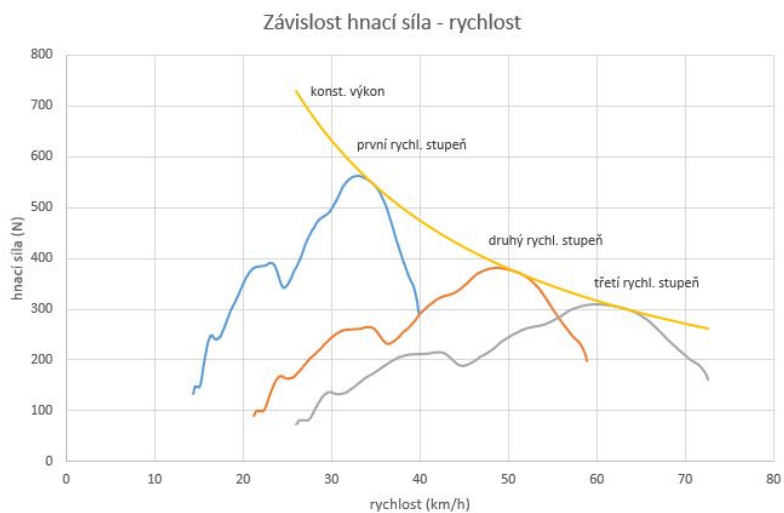
Obr. 36: Varianta 11/36,11/51



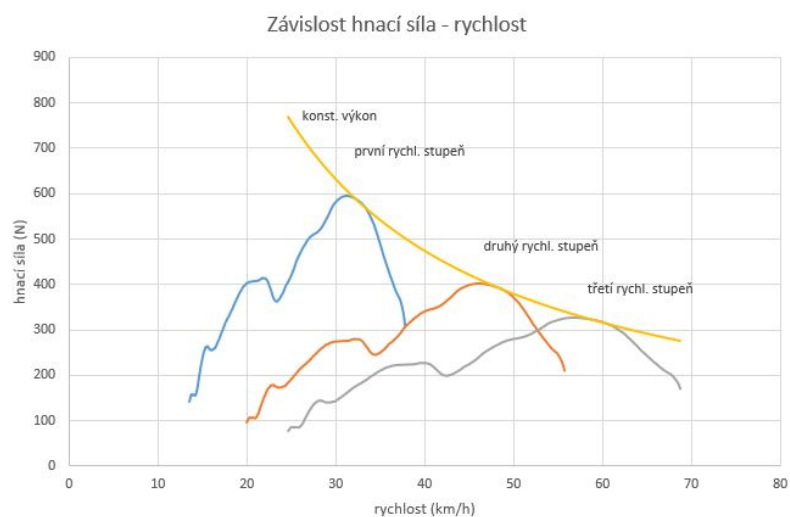
Obr. 37: Varianta 11/36,11/52



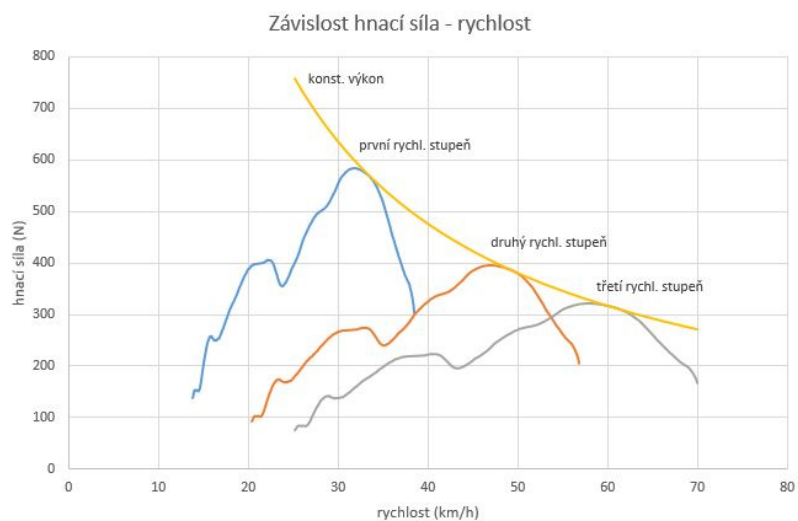
Obr. 38: Varianta 11/36,11/53



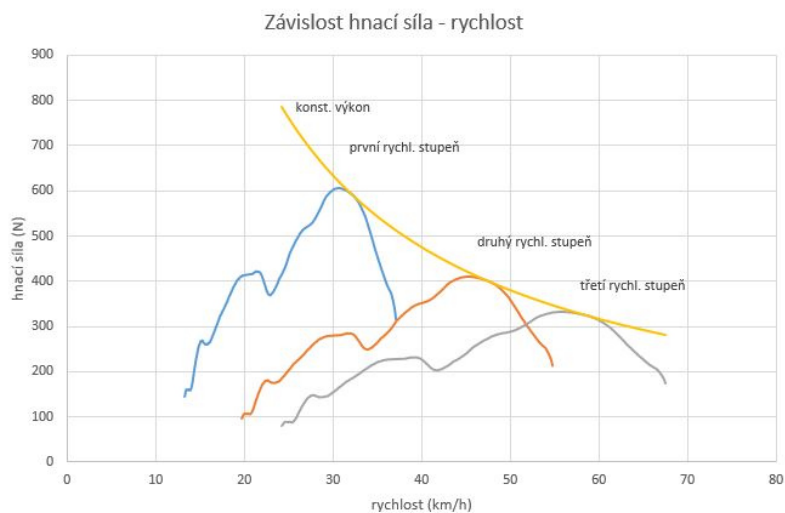
Obr. 39: Varianta 11/36,11/54



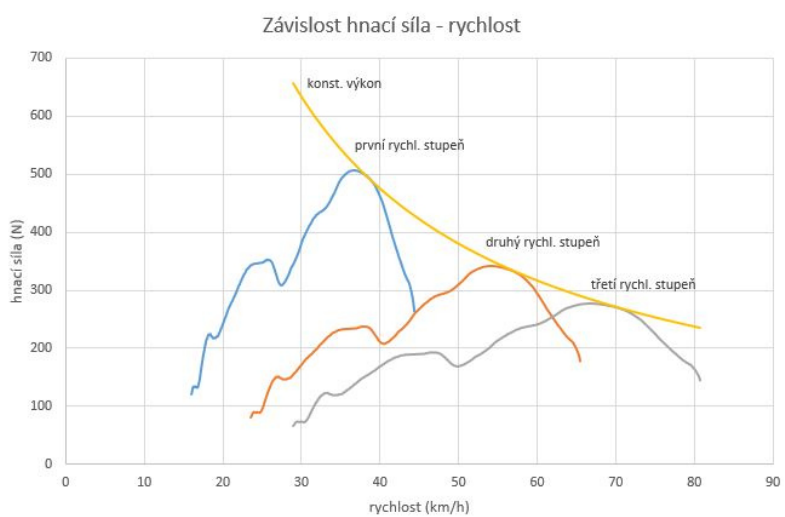
Obr. 40: Varianta 11/36,11/55



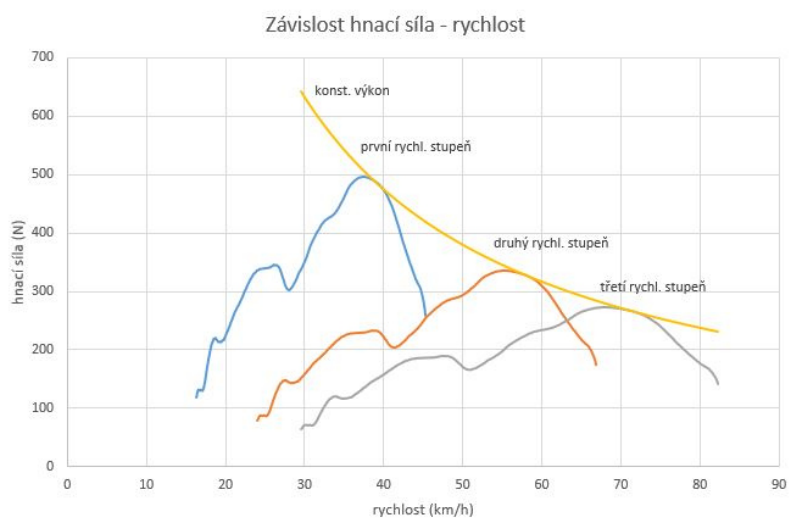
Obr. 41: Varianta 11/36,11/56



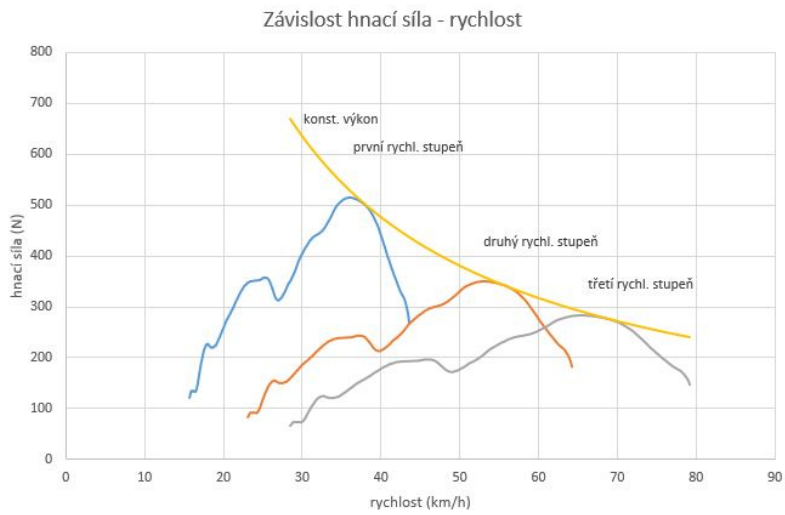
Obr. 42: Varianta 11/36,11/57



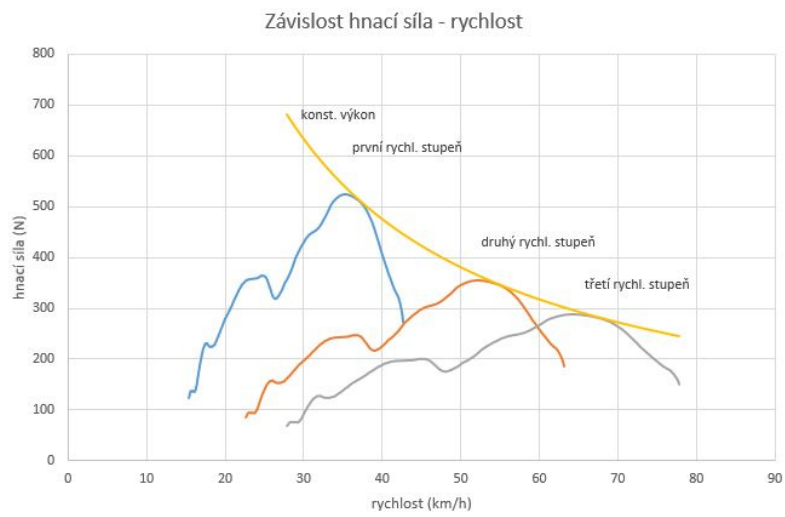
Obr. 43: Varianta 11/36,12/51



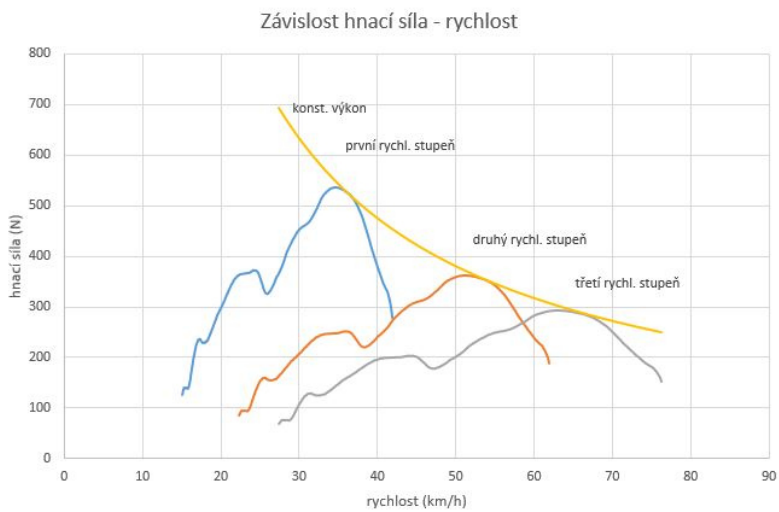
Obr. 44: Varianta 11/36,12/52



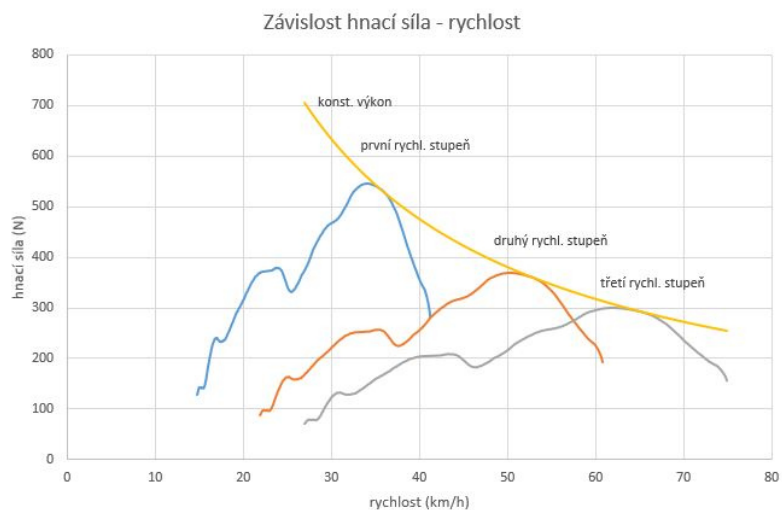
Obr. 45: Varianta 11/36,12/53



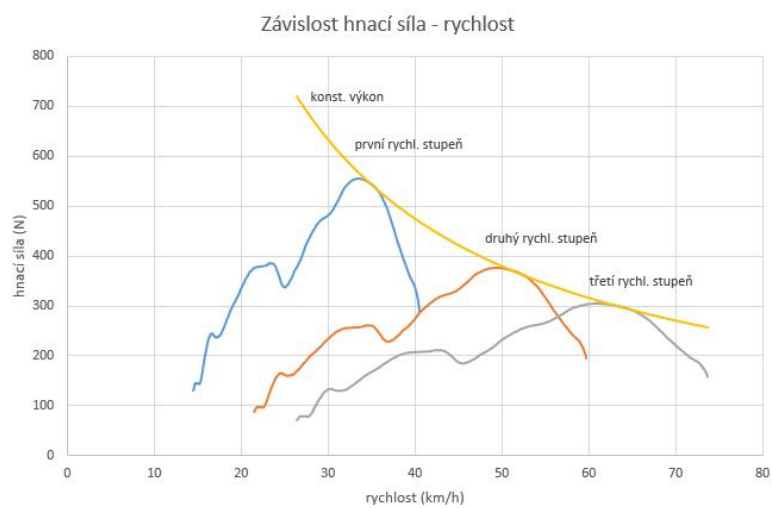
Obr. 46: Varianta 11/36,12/54



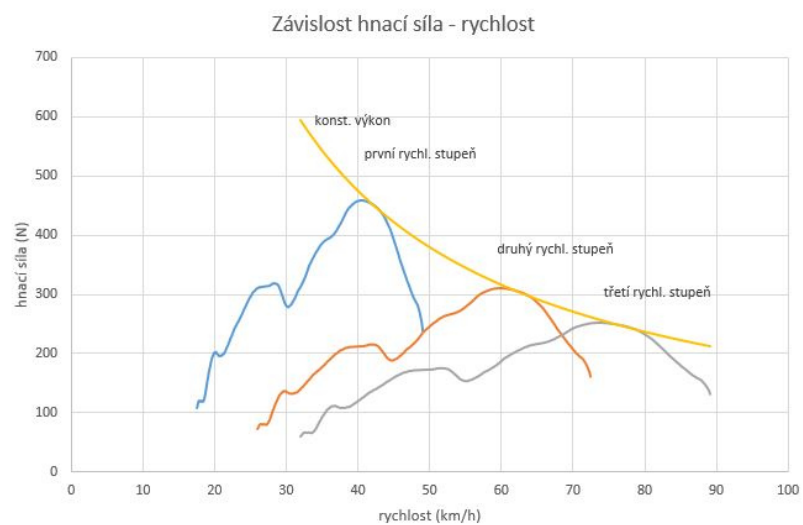
Obr. 47: Varianta 11/36,12/55



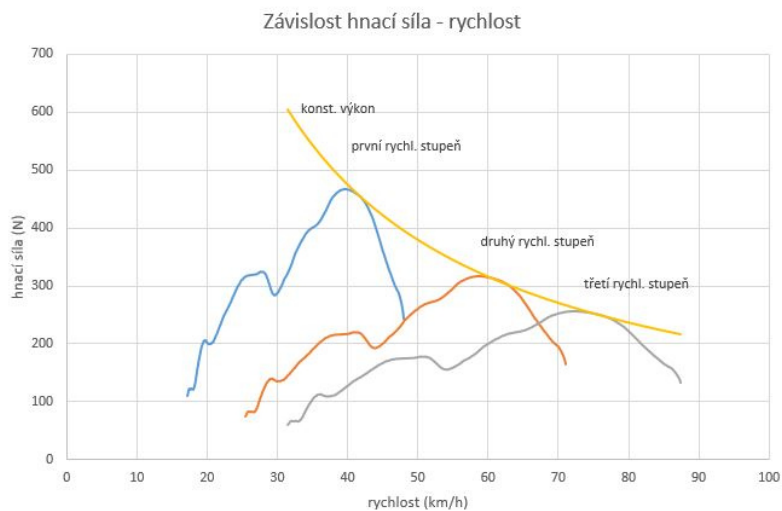
Obr. 48: Varianta 11/36,12/56



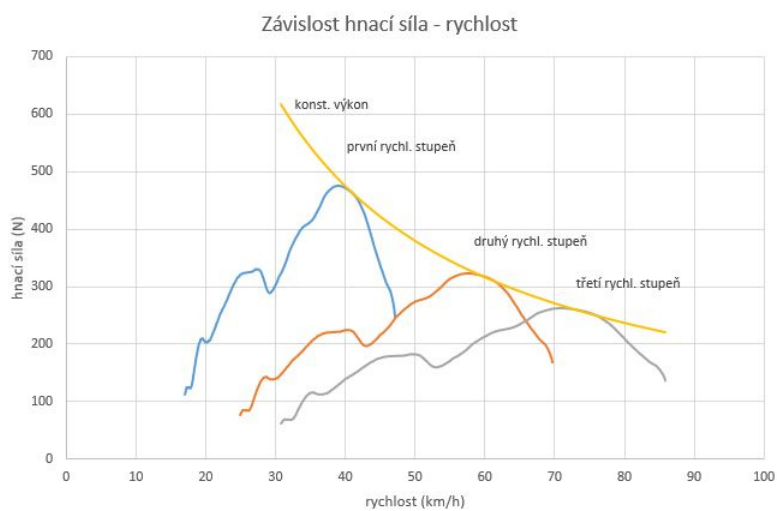
Obr. 49: Varianta 11/36,12/57



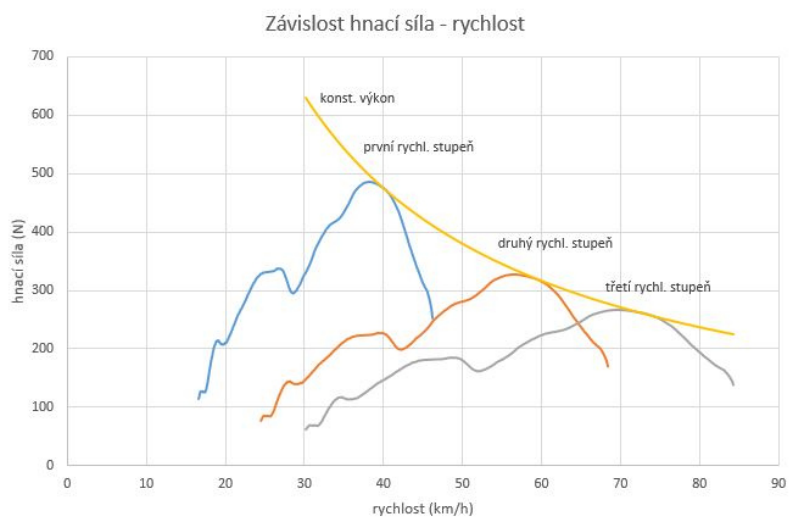
Obr. 50: Varianta 11/36,13/51



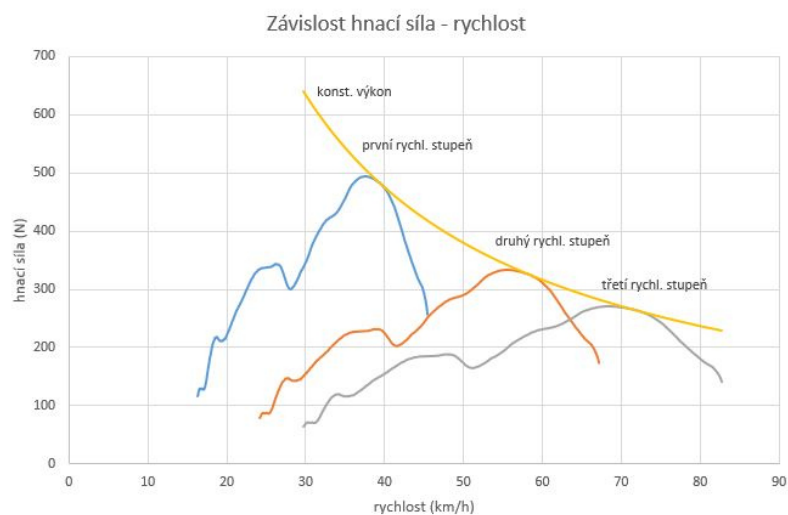
Obr. 51: Varianta 11/36,13/52



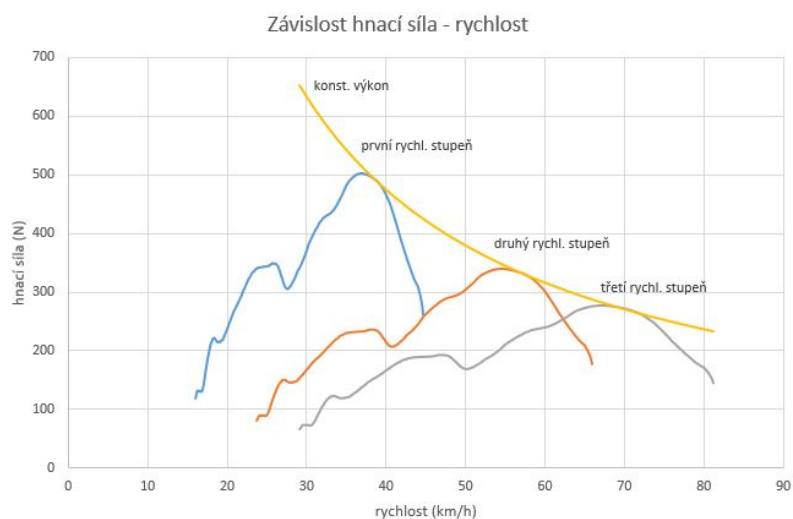
Obr. 52: Varianta 11/36,13/53



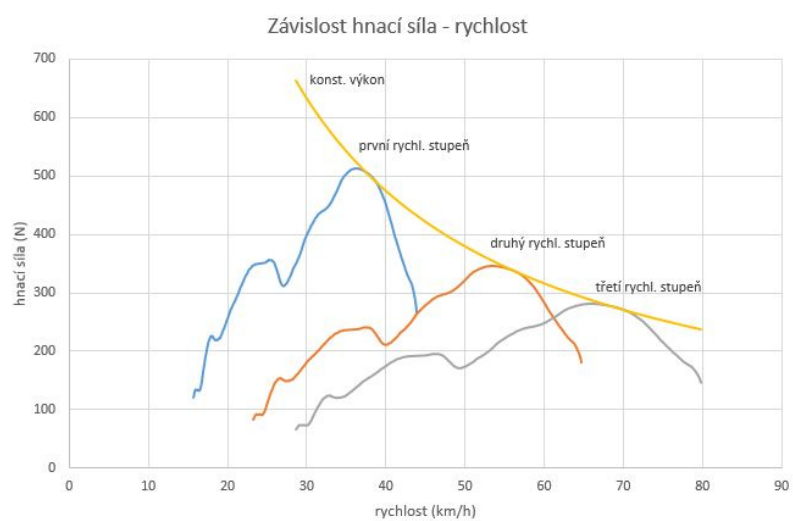
Obr. 53: Varianta 11/36,13/54



Obr. 54: Varianta 11/36,13/55

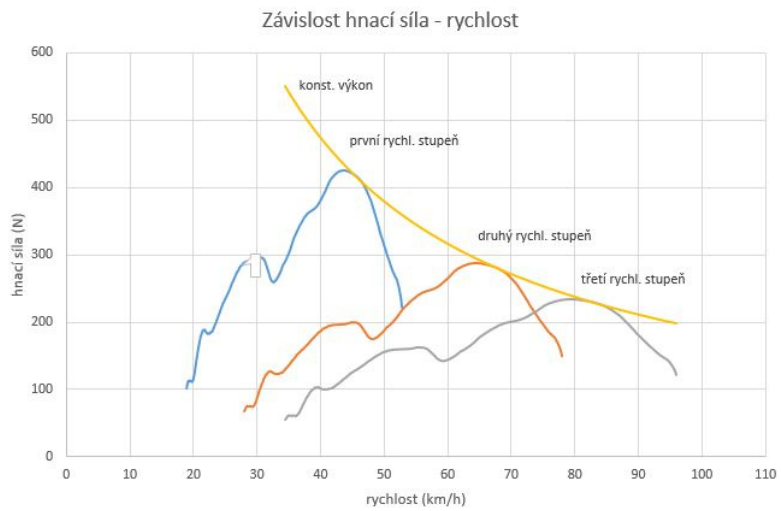


Obr. 55: Varianta 11/36,13/56

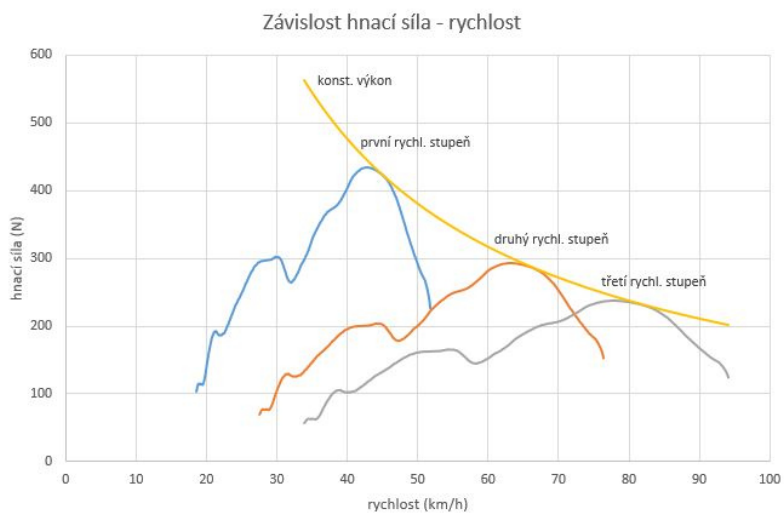


Obr. 56: Varianta 11/36,13/57

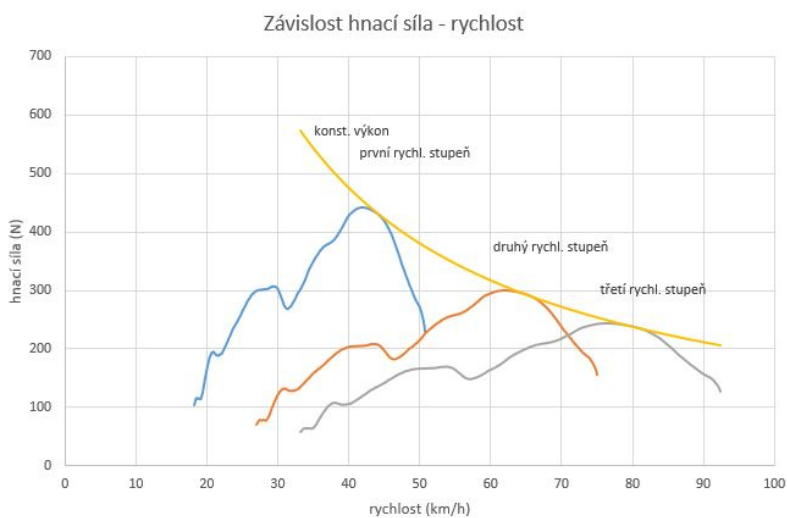




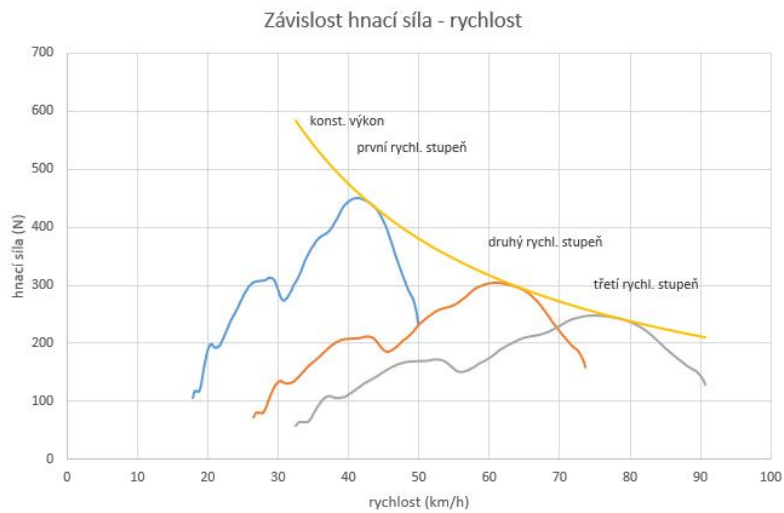
Obr. 57: Varianta 11/36,14/51



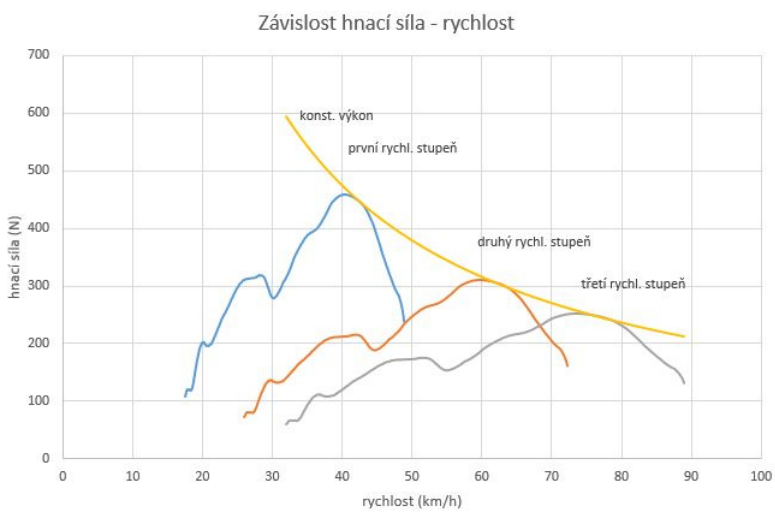
Obr. 58: Varianta 11/36,14/52



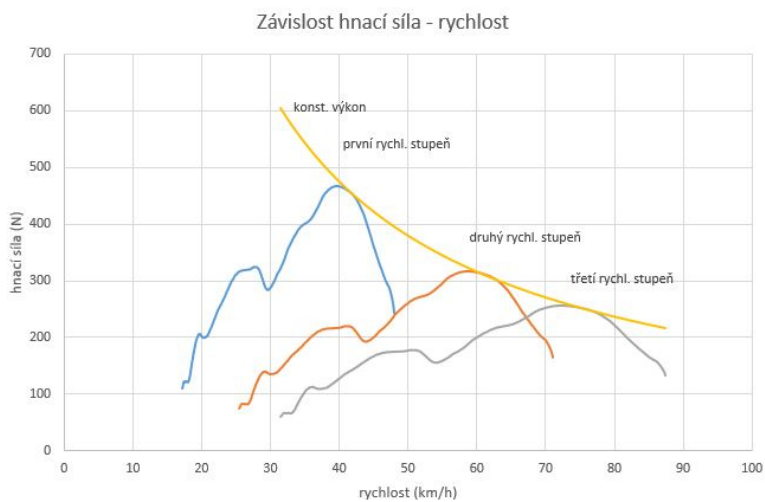
Obr. 59: Varianta 11/36,14/53



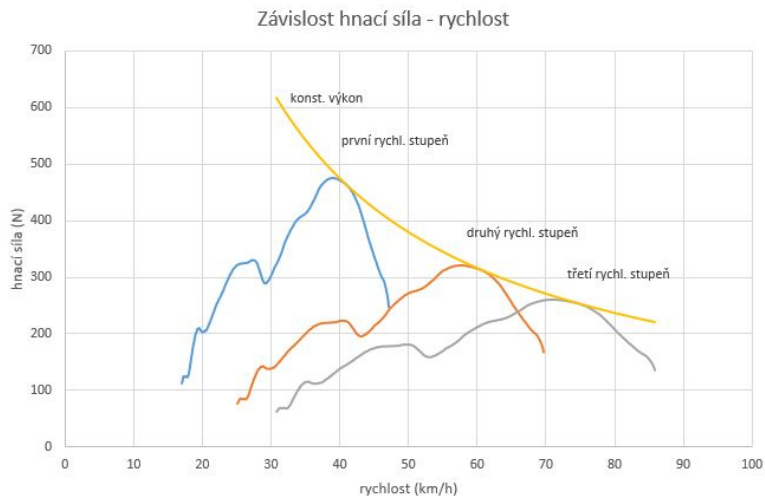
Obr. 60: Varianta 11/36,14/54



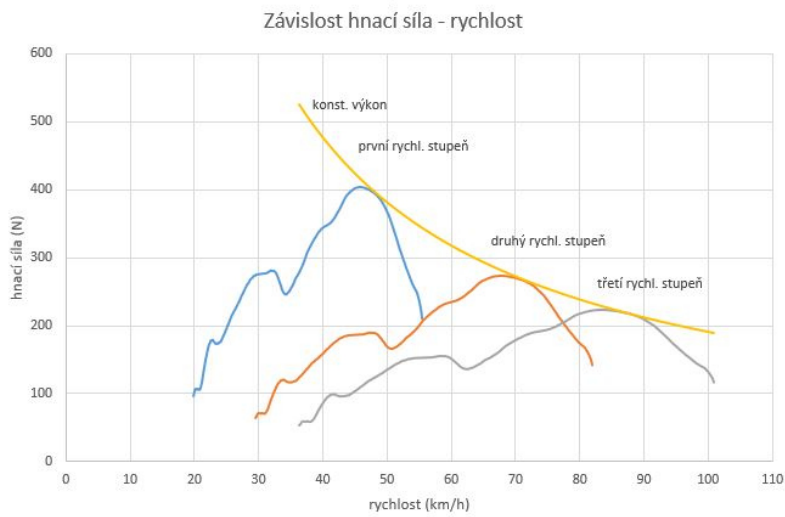
Obr. 61: Varianta 11/36,14/55



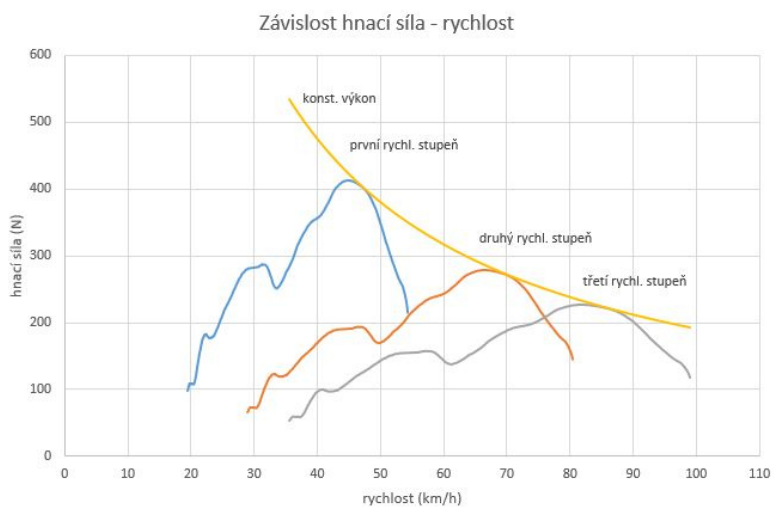
Obr. 62: Varianta 11/36,14/56



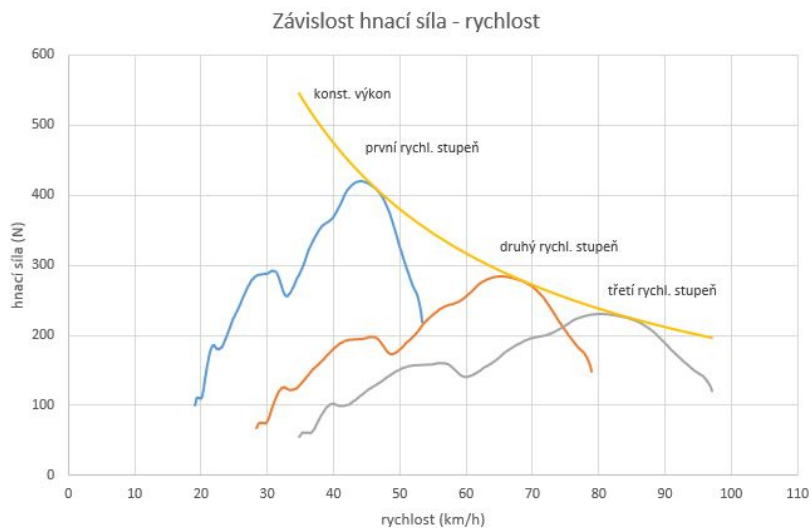
Obr. 63: Varianta 11/36,14/57



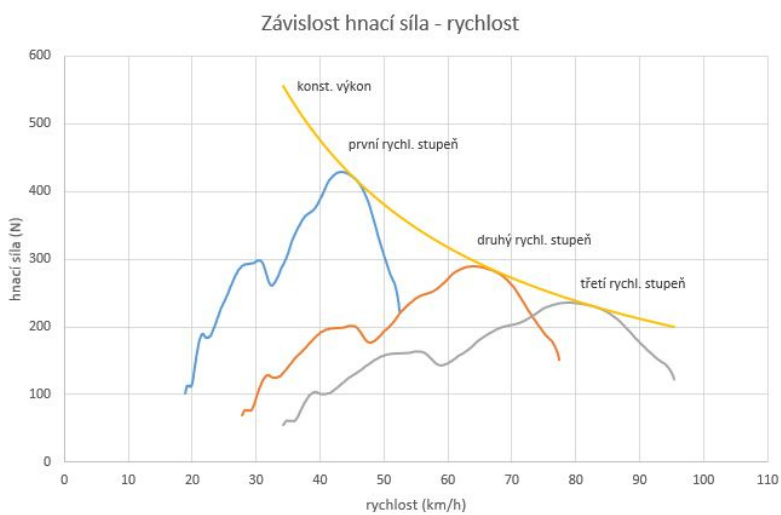
Obr. 64: Varianta 11/36,15/52



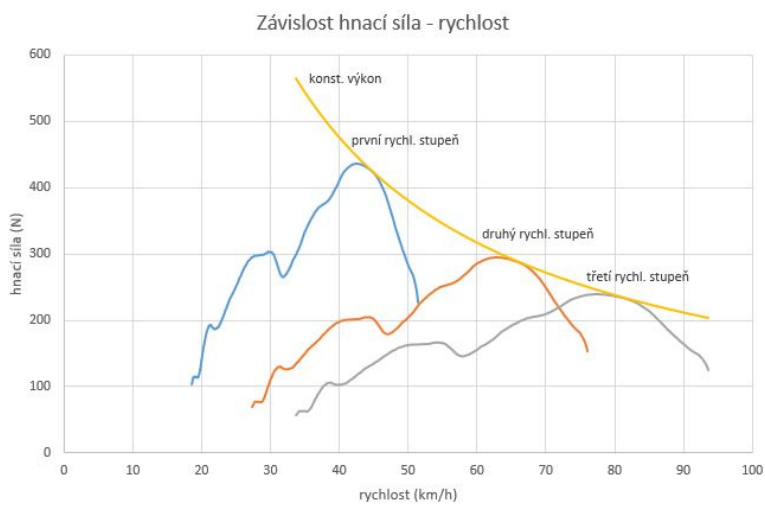
Obr. 65: Varianta 11/36,15/53



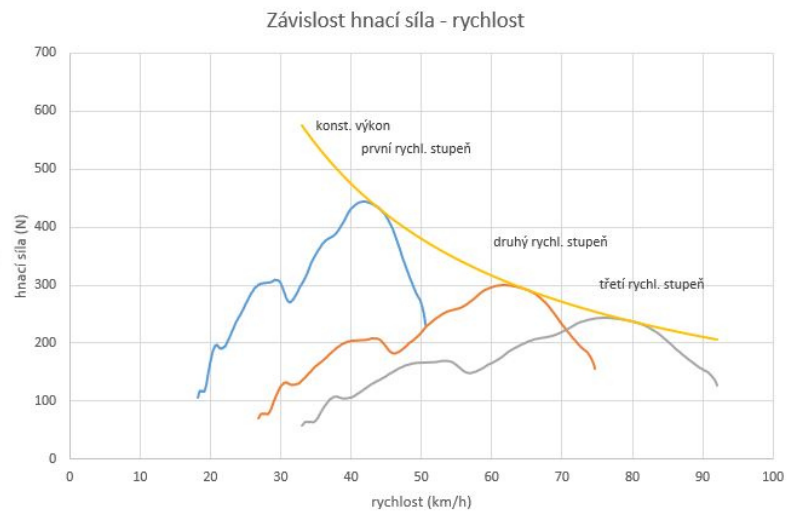
Obr. 66: Varianta 11/36,15/54



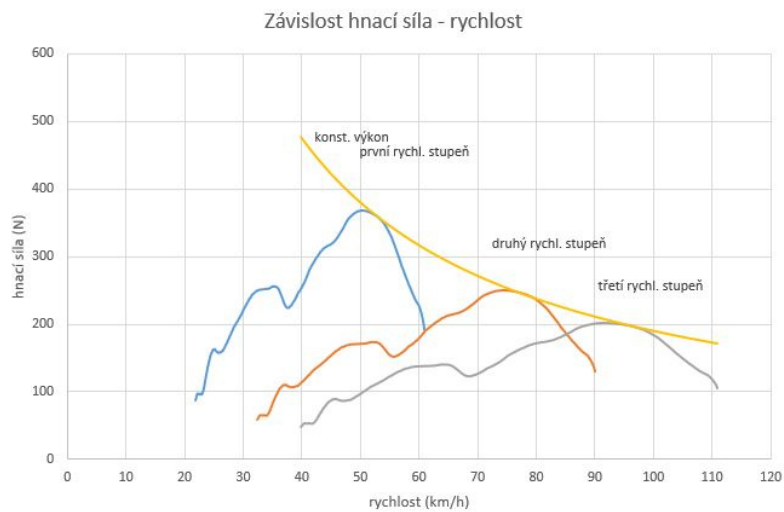
Obr. 67: Varianta 11/36,15/55



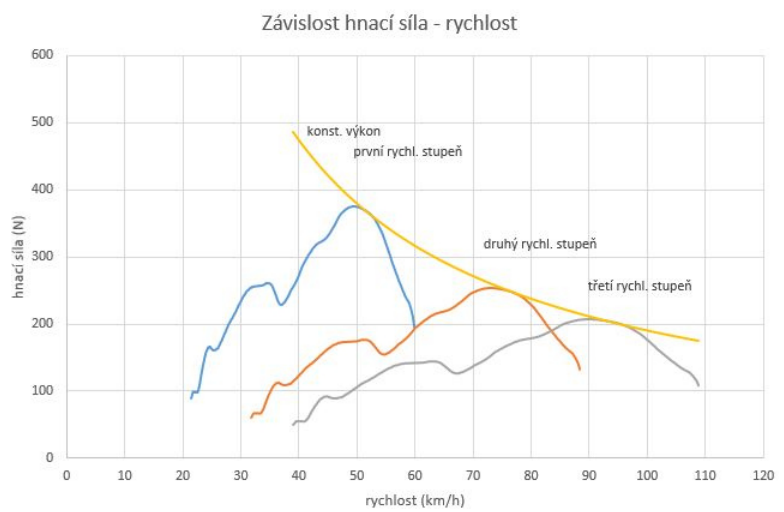
Obr. 68: Varianta 11/36,15/56



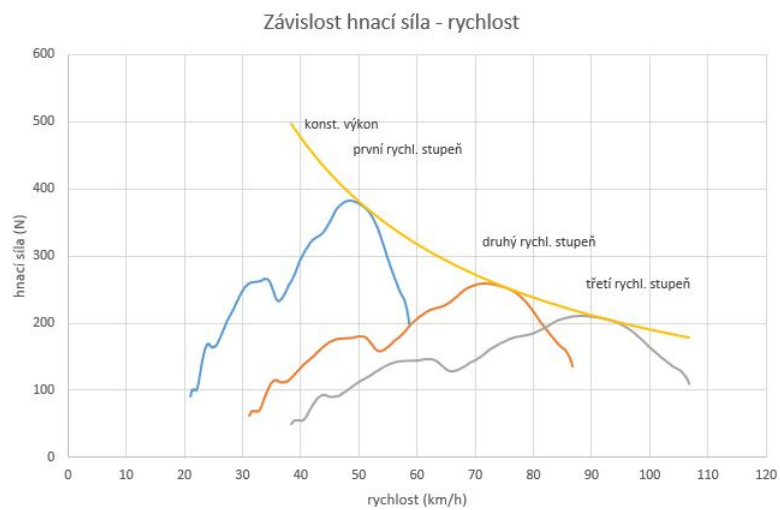
Obr. 69: Varianta 11/36,15/57



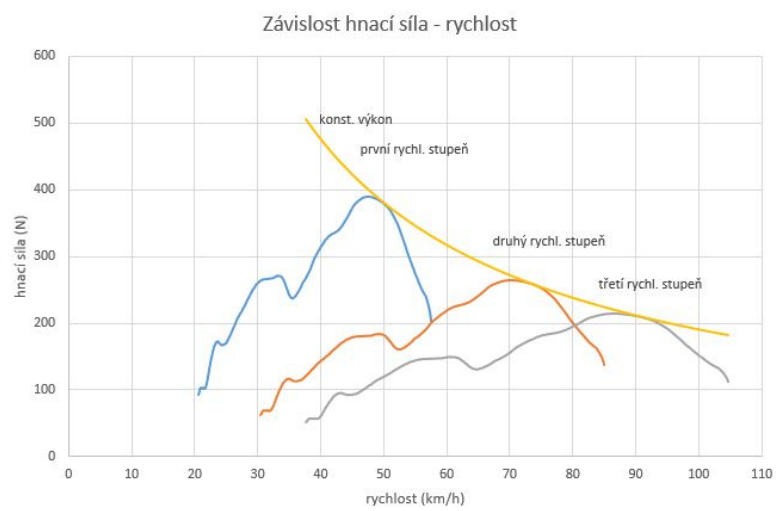
Obr. 70: Varianta 14/34,12/51



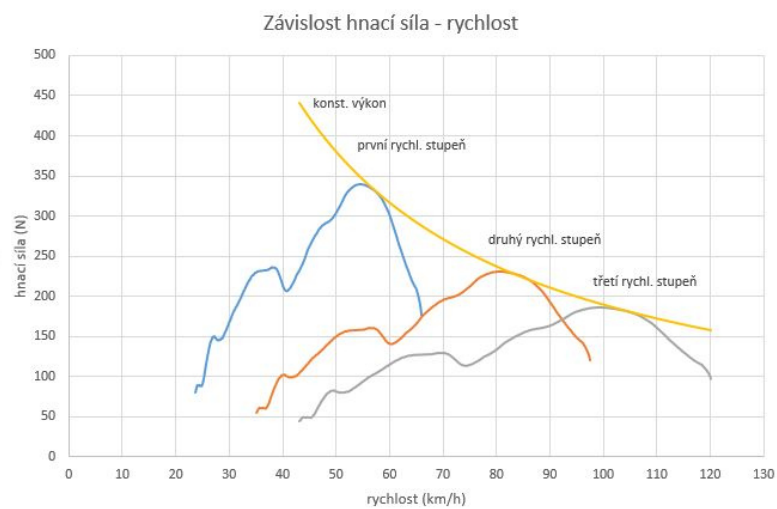
Obr. 71: Varianta 14/34,12/52



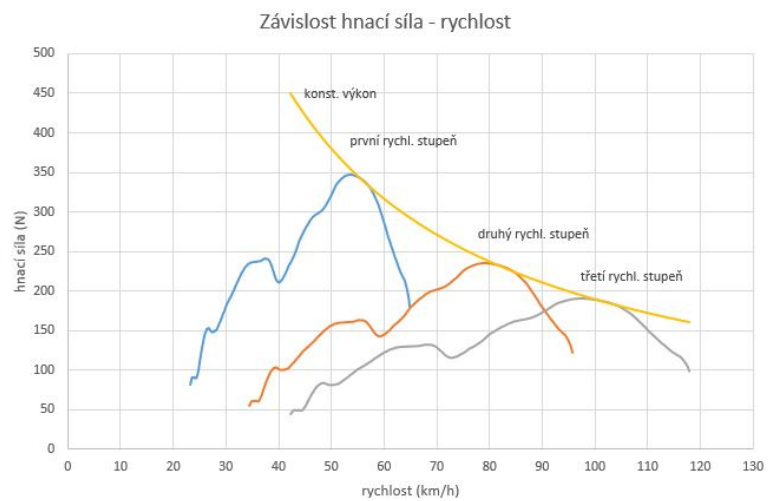
Obr. 72: Varianta 14/34,12/53



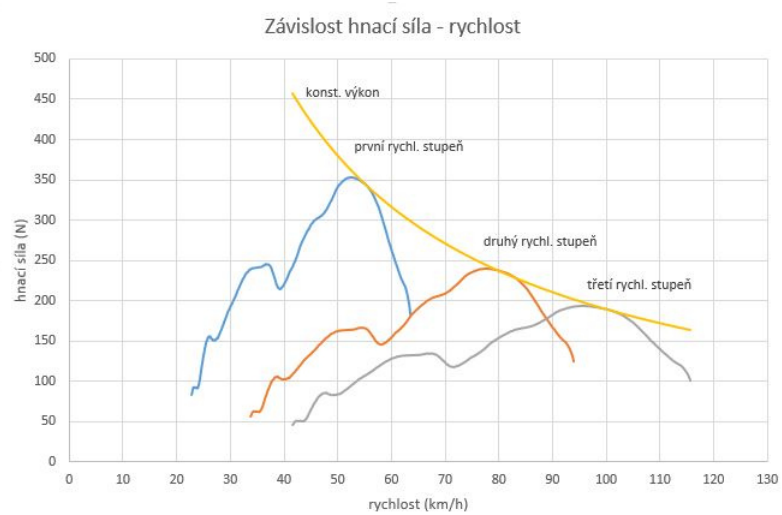
Obr. 73: Varianta 14/34,12/54



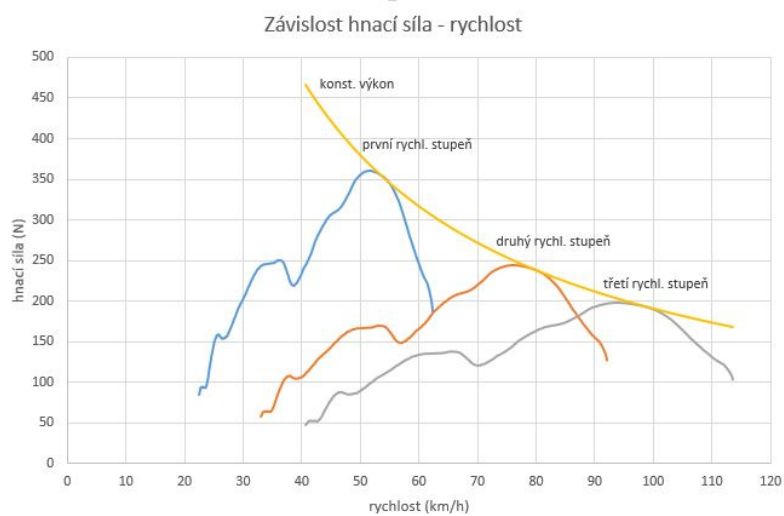
Obr. 74: Varianta 14/34,13/51



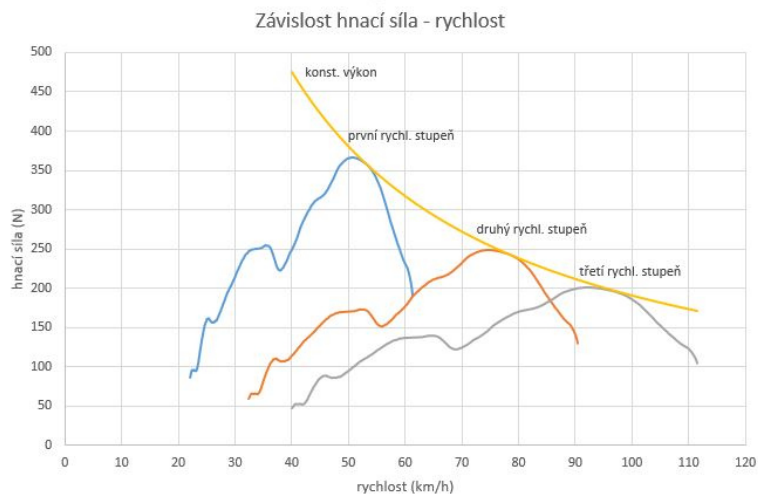
Obr. 75: Varianta 14/34,13/52



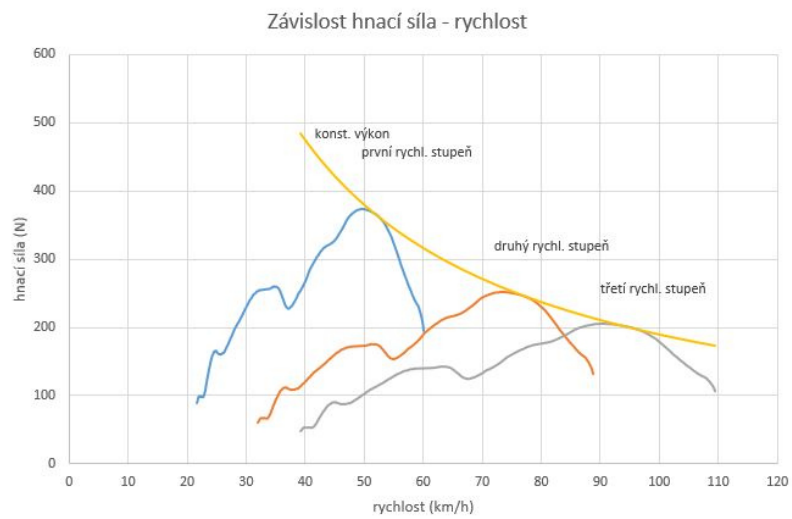
Obr. 76: Varianta 14/34,13/53



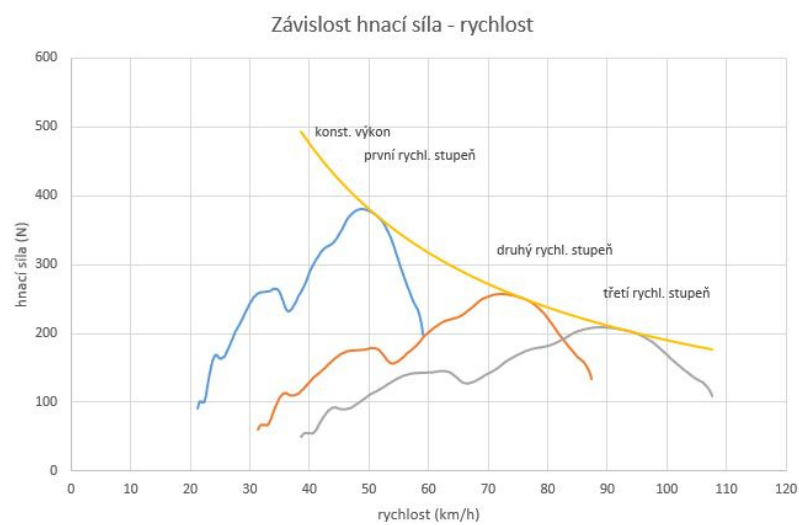
Obr. 77: Varianta 14/34,13/54



Obr. 78: Varianta 14/34,13/55



Obr. 79: Varianta 14/34,13/56



Obr. 80: Varianta 14/34,13/57