

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

FAKULTA
STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

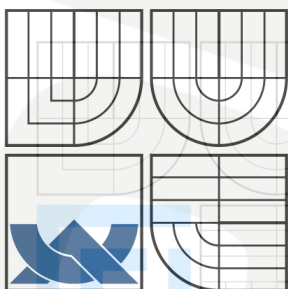
NÁVRH HUTNÍCÍ DESKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

IVO SVATOŠ

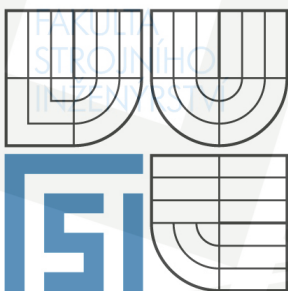
BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TECHNICKÉ
V BRNĚ



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

NÁVRH HUTNÍCÍ DESKY

DESIGN OF COMPACTION PLATE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

IVO SVATOŠ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MIROSLAV ŠKOPÁN, CSc.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ivo Svatoš

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh hutnicí desky

v anglickém jazyce:

Design of compaction plate

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhněte vibrační hutnicí desku jako přídatné zařízení na rypadlo - nakladač hmotnosti 7.000 až 9.000 kg. Pracovní tleky hydraulického oleje do 15 MPa, průtok oleje do 150 l/min.

Cíle bakalářské práce:

Technická zpráva obsahující:

- koncepce navrženého řešení,
- funkční výpočet zařízení,
- pevnostní výpočet a další výpočty dle vedoucího BP

Výkresová dokumentace obsahující:

- celková sestava zařízení
- podsestavy a výrobní výkresy dle pokynů vedoucího BP

Seznam odborné literatury:

1. Pacas, B.: teorie stavebních strojů, skriptum VUT, 1986
2. kol.: Compaction and Paving - Theorie and Practice. Vydalo DYNAPAC 2001
3. Jeřábek, K. a kol.: Stroje pro zemní práce. VŠB TU Ostrava 1996



Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 27.10.2008

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Návrh nesené vibrační desky jako přídatného hutnicího zařízení pro rýpadlo nebo nakladač. První část práce popisuje jednotlivé díly vibrační desky a pojednává o nejčastěji používaných řešeních. V druhé části je proveden přehled produktů od vybraných výrobců. Třetí část se zabývá vlastním návrhem vibrační desky pro parametry podle zadání, kde je kladen důraz hlavně na soustavu budiče vibrací. Výstupem je výkres sestavy celé vibrační desky a nejdůležitější funkční výpočty.

Klíčová slova

Nesená vibrační deska, hutnicí deska, budič vibrací, přídatné zařízení, rýpadlo, vibrační hutnění

Abstract

Design of compaction plate as additional equipment for excavator or loader. The first part of thesis describes individual part of compaction plate and treat of the most frequently used solutions. The second part is an overview of product of selected manufacturers. The third part considered of concrete design of compaction plate in accordance with submission. The output is drawing of scheme and most functional calculation.

Key word

Mounted compaction plate, vibratory plate, vibratory driver, add-on equipment, excavator, vibratory compaction

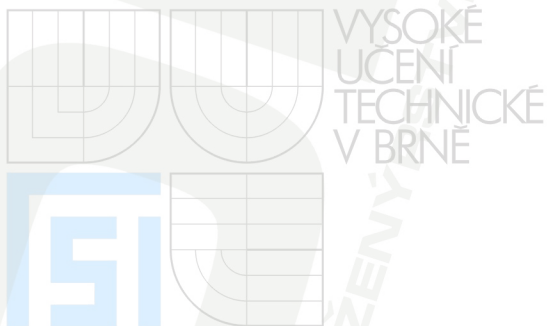


VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

FAKULTA
STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

Bibliografická citace

SVATOŠ, I. *Nesená vibrační deska*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 36 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce pana doc. Ing. Miroslava Škopána, CSc. a s použitím uvedené literatury.

V Brně dne

Podpis:.....

Poděkování

Děkuji za pomoc a odborné vedení při vypracovávání bakalářské práce panu doc. Ing. Maroslavu Škopánovi, CSc. Rodičům za podporu při studiu a trpělivost v době práce na tomto dokumentu. Dále panu Ing. Bosákovi (KUHN Bohemia a.s.) za zprostředkování informací o typech nosičů NVD, panu Faltysovi (PROFISTAV Litomyšl a.s.) za informace o používání NVD a firmě IKA s.r.o. za námět bakalářské práce a konstrukční poznatky o NVD.

Obsah

1. Úvod	9
2. Charakteristika nesené vibrační desky	10
3. Schéma NVD	11
3.1. Aktivní deska	11
3.2. Tlumič vibrací	12
3.3. Odpružená plošina	13
3.4. Budič vibrací	14
3.5. Hydromotor	15
3.6. Upínací část	16
3.7. Prvky hydraulického obvodu	17
4. Přehled NVD pro typové hmotnostní třídy nosičů	18
4.1. Nosič o hmotnosti 2,5 t a hmotnost NVD do 172 kg	19
4.2. Nosič o hmotnosti 5,5 t a hmotnost NVD do 360 kg	20
4.3. Nosič o hmotnosti 8 t a hmotnost NVD do 528 kg	21
4.4. Nosič o hmotnosti 18 t a hmotnost NVD do 858 kg	22
4.5. Nosič o hmotnosti 35 t	23
4.6. Nosič o hmotnosti 50 t	24
4.7. Hmotnostní rozmezí použitelnosti NVD	25
5. Vlastní návrh a výpočty	26
5.1. Návrh parametrů pro určení odstředivé síly	26
5.1.1. Výpočet odstředivé síly	27
5.2. Návrh ložisek	28
5.2.1. Soudečkové ložisko	28
5.2.2. Válečkové ložisko	29
5.3. Návrh hřídele	29
5.3.1. Kontrola hřídele	30
5.4. Volba hydromotoru	32
5.4.1. Spojení hřídele budiče s hydromotorem	32
5.5. Volba ochranných prvků hydraulického obvodu	33
6. Využitelnost NVD	34
6.1. Výhody	34
6.2. Nevýhody	34
7. Závěr	35
Seznam použitých zdrojů	36
Seznam použitých zkratk a symbolů	38
Seznam obrázků	40
Seznam tabulek	41
Seznam příloh	41

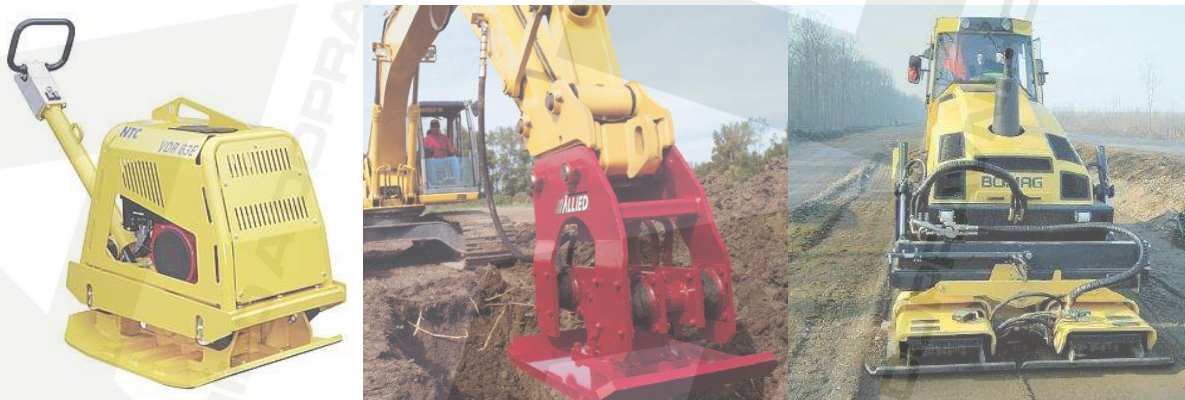
1. Úvod

Hutnická technika je dnes nedílnou součástí procesu stavebních prací. Zde se stále větší měrou uplatňují čistě vibrační stroje: vibrační desky, pěchy atd. Tyto stroje jsou pro samotného člověka těžké a manipulace s nimi obtížná. Proto je trendem, aby se tyto stroje mohly přidělat na nosič, který s nimi dokáže manipulovat jednodušeji a tím nosičem je dnes nejčastěji rýpadlo. Nesená vibrační deska je jedním z mnoha zařízení, která byla pro tyto účely vyvinuta. Při návrhu desky počítám spíše s kusovou výrobou vzhledem k rozdílným parametrům nosičů.

2. Charakteristika nesené vibrační desky

Nesená vibrační deska (dále jen NVD) primárně slouží k hutnění zemin za účelem zvýšení objemové hustoty v zeminách, kde hrozí jejich sesedání nebo se tím zajišťuje určitá nepropustnost vody. Na zeminu účinkuje pomocí vysokého počtu silových impulsů o malé amplitudě. Tyto pulsy několikanásobně převyšují hmotnost samotné NVD, proto se účinek statického zatížení většinou zanedbává. Velikým rozdílem oproti vibračním válcům je konstantní kontaktní plocha, kterou NVD působí na zeminu. Tím se zajistí stálý vibrační účinek.

Hlavní znak, kterým se NVD odlišují od ostatních vibračních desek je způsob, kterým jsou tyto desky ovládány. Podle toho můžeme rozlišit vibrační desky na vedené samohybné (patří sem i dálkově ovládané), nesené a tažené.



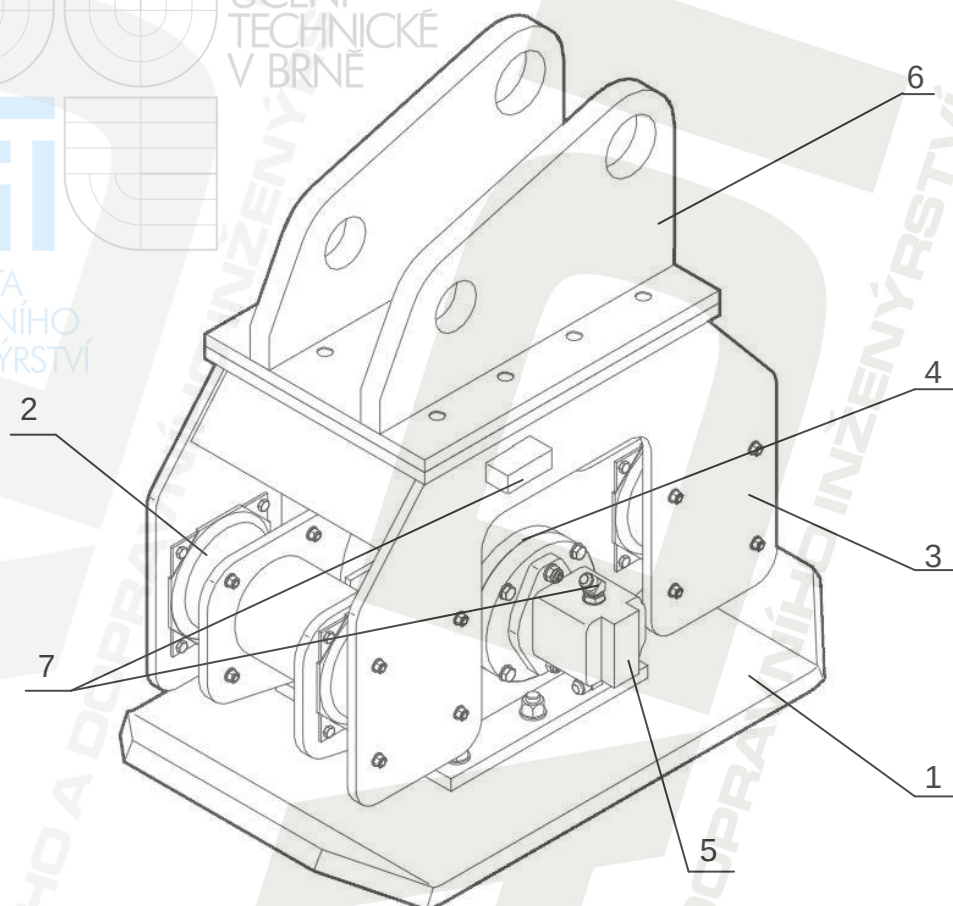
Obr. 2.1 Vedená, nesená [18], tažená [25] vibrační deska

Jako nosiče NVD se nejčastěji používají různá rýpadla nebo malé smykem řízené nakladače (obr. 2.2). Použití traktorových rýpadlo-nakladačů se nedoporučuje, protože zadní podkopové zařízení není určeno pro přídatná zařízení.



Obr. 2.2 NVD pro malý smykem řízený kolový nakladač [23]

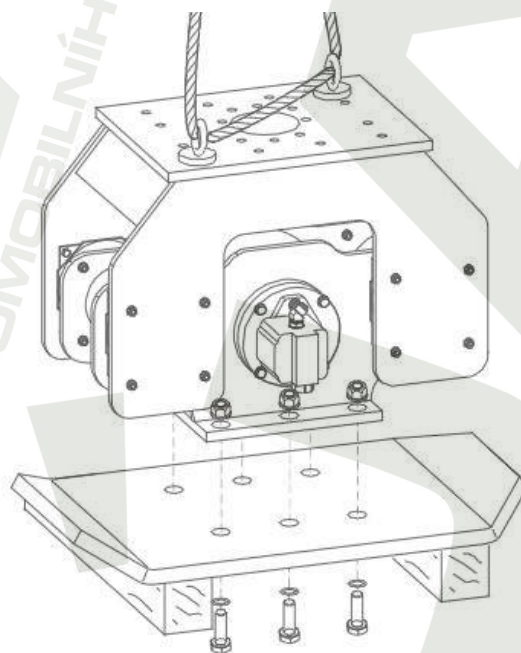
3. Schéma NVD



Obr. 3.1 Schéma NVD: 1 - aktivní deska, 2 - tlumiče vibrací, 3 - odpružená plošina, 4 - budič vibrací, 5 - hydromotor, 6 - upínací část, 7 - prvky hydraulického obvodu [14]

3.1. Aktivní deska

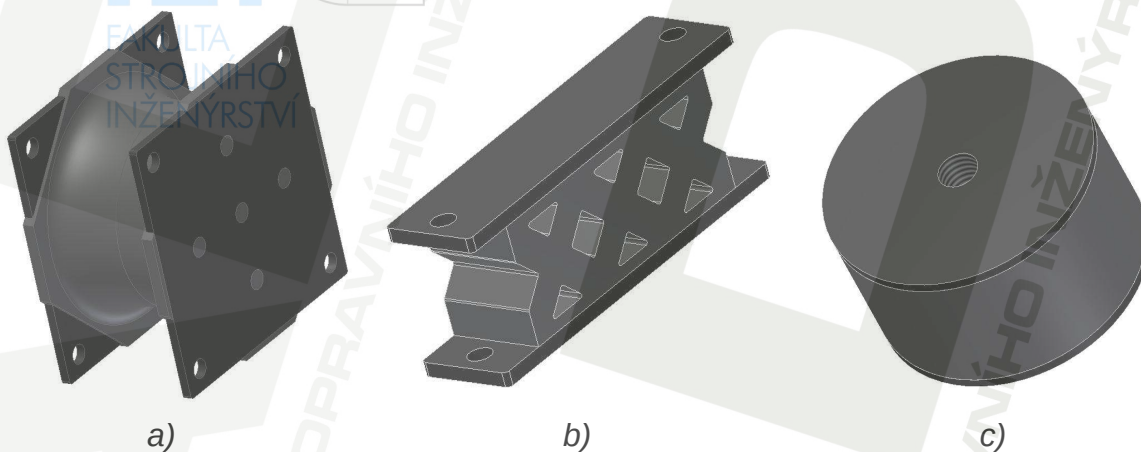
Slouží k přenášení účinku vibrací z budiče do zeminy. Vyrábí se z materiálu, který je odolný proti otěru a zároveň není křehký kvůli vibracím. V praxi se používají svařitelné oceli nebo otěruvzdorné litiny. Tvar je zpravidla obdélníkový, kdy pro hutnění výkopů se používají úzké desky a pro větší plochy desky s přimontovanými nástavci nebo speciální široké (viz obr. 2.2). Spojení aktivní desky s budičem vibrací musí být naprosto tuhé, proto se k sobě přivaňují. Existují ovšem výrobci, kteří je spojují šrouby.



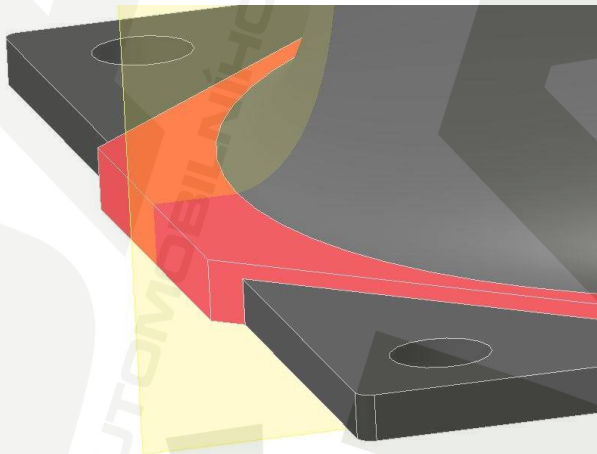
Obr.3.2 Montáž aktivní desky [14]

3.2. Tlumiče vibrací

Spojují aktivní desku s odpruženou plošinou a zároveň eliminují vibrace, které se na ni přenáší. Hlavními požadavky jsou schopnost utlumit co nejvíce vibrací a zároveň odolnost při velké deformaci. Těm nejlépe odpovídají různé druhy a tvary silentbloků.



Obr. 3.3 Nejrozšířenější typy používaných silentbloků



Obr. 3.4 Přesah pryže

Naprosto nepoužívanějším typem je silentblok na obr. 3.3 v pozici a), který je navržen na smykové a tlakové namáhání. Guma jako materiál je vhodná pro vysokocyklická namáhání. Díky tvaru podobnému hyperboloidu a velkému přesahu okrajů (červeně na obr. 3.4) se zvětší styčná plocha mezi oběma materiály a tím se zabrání odlupování pryže od kovu. Takovéto řešení má daleko větší trvanlivost než typ c).

Návrhu správných silentbloků firmy přikládají velký důraz. Správné tlumení zajišťuje dostatečnou životnost nejen samotné NVD, ale i částí samotného stroje, na kterém jsou upnuty. Například firma Ammann montuje na své desky kromě silentbloků typu a) i obdobu typu b), jak je vidět (modře zvýrazněno) na obr. 3.5. Tato deska snese opravu velké zatížení a může se montovat na velice těžké stroje.



Obr. 3.5 Rammax RAV 700-P s ochranou proti přetížení [22]

Právě díky vysokému namáhání jsou silentbloky nejvíce náchylné k poruše, co se týče zatížení od ramene nosiče. Jejich výměna je však jednoduchá a někteří výrobci dodávají sadu silentbloků navíc, a tak si je zákazník může vyměnit sám. Také existují firmy, které se vedle samotné sériové výroby zabývají i renovací speciálních silentbloků.

3.3. Odpružená plošina

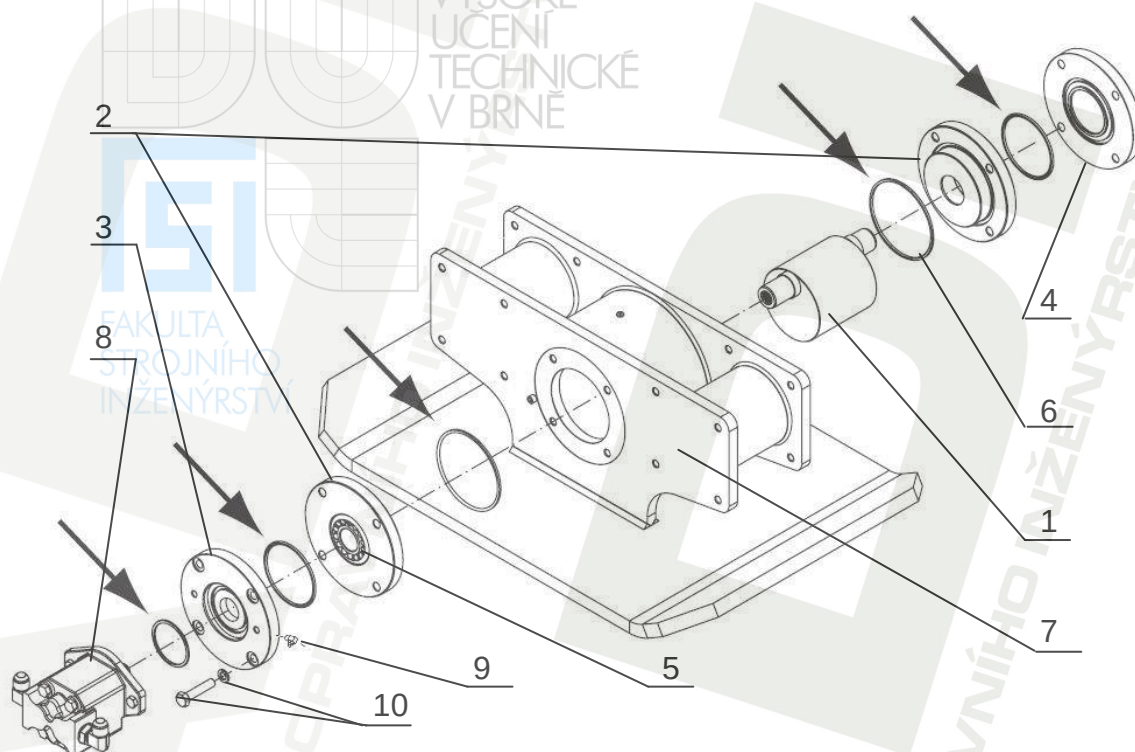
Při manipulaci nese váhu aktivní desky s budičem a hydromotorem. Při hutnění přenáší hmotnost, kterou vyvíjí nosič na NVD. Jedná se o svařovanou konstrukci, ve které je výrazně využito žeber a dalších výztuh. U většiny desek se firmy snaží, aby šířka odpružené plošiny byla menší než aktivní desky. Díky tomu lze hutnit zeminu v úzkých výkopech nebo u překážek, aniž by hrozilo nebezpečí poškození desky.



Obr. 3.6 Hutnění u překážek [19]

Na odpruženou plošinu se montuje upínací část. Někteří výrobci je k sobě svažují, ovšem nejčastěji jsou spojovány pomocí šroubů. Výrobce tak může vyrobit upínací část přesně podle požadavků zákazníka a jednoduše je lze vyměňovat. Na plošině se často nachází ochranné prvky hydraulického obvodu.

3.4. Budič vibrací



Obr. 3.7 Schéma budiče: 1 - rotor s vývažkem, 2 - pouzdro ložiska, 3 - přípojná příruba, 4 - kryt ložiska, 5 - ložisko, 6 - O - kroužek, 7 - skříň budiče, 8 - hydromotor, 9 - maznice, 10 - šroub s podložkou [15]

Budič vibrací tvoří jádro celého stroje. Princip uložení uveden ve schématu na obr. 3.7 odpovídá, až na detaily, téměř všem výrobcům. Kromě samotné hřídele se považují za nejvíce namáhanou část obě ložiska. Každé musí vydržet polovinu celkové odstředivé síly. Kvůli tomu se vybírají ložiska válečková (díky liniovému styku) nebo ještě lépe soudečková, protože navíc eliminují případné axiální síly.

Výrobce Furukawa využívá dva budiče. Díky tomu může zmenšit velikost vývažků o polovinu při zachování stejné hutnící síly v porovnání s jednohřídelovým typem. Budiče nejsou nijak vzájemně pootočený. Pohyb druhé hřídele zajišťuje ozubené soukolí se šikmými zuby.

Výhody:

- menší zatížení ložisek
- rovnoměrnější rozložení síly na konstrukci
- eliminace sil v horizontálním směru díky nesouhlasné rotaci hřídelí

Nevýhody:

- složitější konstrukce (použitím ozubených kol)
- větší zastavěný prostor

3.5. Hydromotor

NVD se montují na různá rýpadla a nakladače, které mají na rameni připraveny hadice hydrauliky pro přídatná zařízení. Typ hydromotoru výrobci volí zubový, jehož výhody jsou:

- Malé zástavné prostory a vysoký výkon
- Levná pořizovací cena
- Optimální otáčky odpovídají potřebné frekvenci okolo 25-50 Hz
- Odolný proti rázům a vibracím

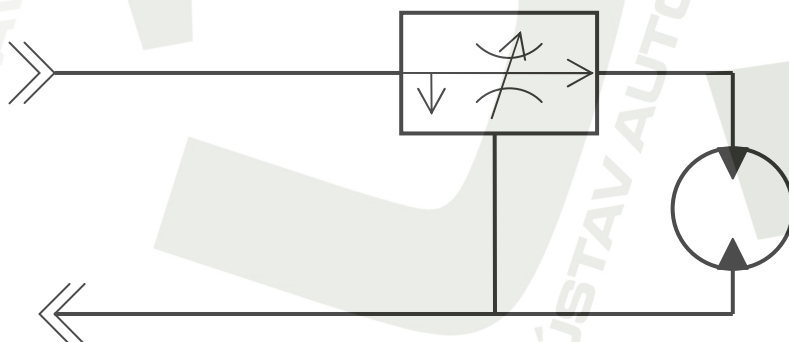


Tab. 3.1 Vlastní frekvence vybraných zemin [4]

Druh materiálu	Vlastní frekvence [Hz]
Rovnoměrný středně hrubý písek	33
Středně hrubý písek mokrý	24
Pobřežní písek suchý	21
Jíly	20
Suché jíly s drobným štěrkem	19
Jíly s hrubým pískem	18
Štěrkopísek	24-29
Hlinitá zemina pevná	25-29
Hlinitá zemina nakypřená	20-23

Obr. 3.8 Náhled na část hydrauliky [19]

Vibrační deska spadá do zařízení, které vyvíjejí na zeminu vibračně tlakový účinek tzn., že generují velké množství vibrací o malé amplitudě. Platí: amplituda musí být tak malá, aby nezvedala desku od zeminy. Pro optimální četnost vibrací se volí frekvence vyšší než vlastní frekvence zeminy, jinak by hloubková míra zhutnění byla menší. Výrobci nejčastěji udávají otáčky 2000-2100 ot/min => 33-35 Hz.

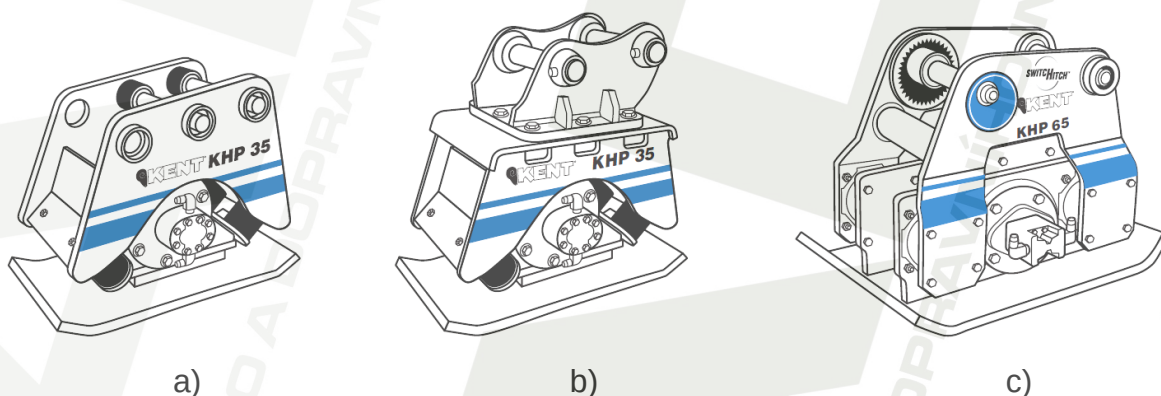


Obr. 3.9 Schéma zapojení

3.6. Upínací část

NVD se upínají na rameno nosiče. Existuje velká řada typů nosičů od různých firem. Z toho vyplývá nevýhoda a to různé rozměry upínacích čepů a jejich vzájemná vzdálenost. Dnes se uplatňují tři řešení tohoto problému:

- Pro velké zakázky se tyto části nevyrábí zvlášť, ale jako celek s odpruženou plošinou
- Výroba každého kusu zvlášť dle potřeby odběratele a montáž do připravených otvorů (nejvíce uplatňované řešení)
- Výroba speciálních upínacích částí, které dovolují přednastavení upínacích rozměrů (zvlášť i jako celek s odpruženou plošinou)



Obr. 3.10: a) jednoúčelová společná s odpruženou plošinou, b) jednoúčelová oddělitelná, c) universální společná [26]

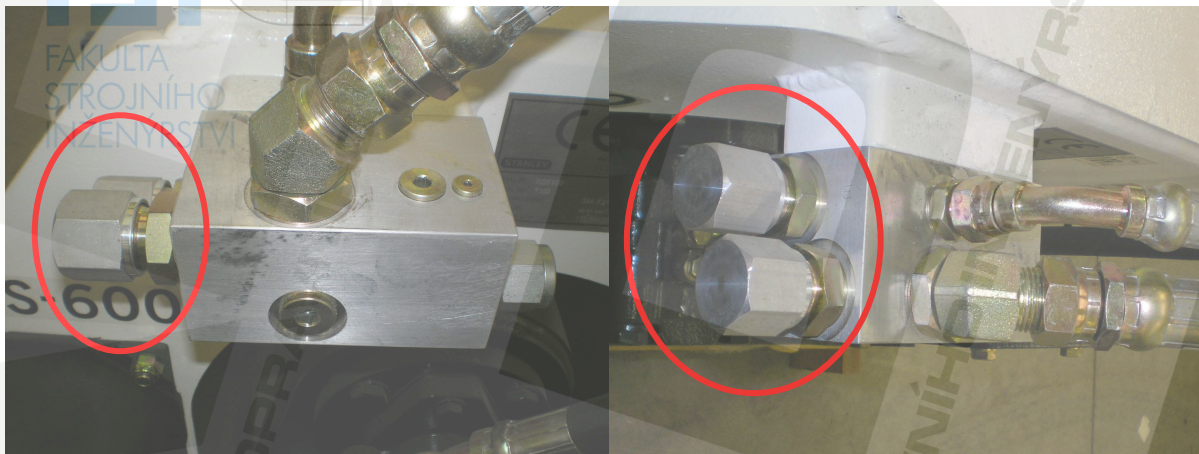
Pro zvýšení produktivity nosiče se často využívá rychloupínacího zařízení. To umožňuje výměnu během velice krátké chvíle. Pro rozevření čelisti (červeně na obr. 3.10) se používá páka nebo hydraulika. U rychloupínače s ručním mechanismem obsluha musí vystupovat z kabiny pouze při odepínání. Při nasazování je zajištění provedeno pomocí pružiny.



Obr. 3.11 Rychloupínací zařízení a přípojně rozměry [26]

3.7. Prvky hydraulického obvodu

Pro správnou funkci NVD je potřeba zajistit ochranu hydromotoru proti různým výkyvům tlaku a průtoku (např. při rozběhu) nebo i při špatně nastaveném průtoku. I když moderní rýpadla umožňují jeho přesnou regulaci, může obsluha (nevědomě i vědomě) nastavit nesprávnou hodnotu. Používají se proto třicestné škrťací ventily se stabilizací tlaku (obr. 3.9 a obr. 3.12).



Obr. 3.12 Třicestný škrťací ventil se stabilizací tlaku (zvýrazněn vstup a výstup)

Výrobci často doporučují používání rychlospojek, které umožňují spojení hadic pouhým zacvaknutím. Obsluha stroje však musí dbát na čistotu těchto součástí. Tím se zabrání pronikání nečistot do oleje a jejich delší životnost. Na obr. 3.12 jsou zvýrazněny zátky, kam se rychlospojky montují.



Obr. 3.13 Vlevo: upínací blok pro jeden pár rychlospojek. Vpravo: příklad rychlospojek [27]

4. Přehled NVD pro typové hmotnostní třídy nosičů

Výrobci doporučují vybírat NVD podle jimi doporučených hmotnostních kategorií, ovšem vždy platí, aby zákazník svou volbu vždy konzultoval. V této kapitole se budu zabývat rozdělením NVD do šesti vybraných hmotnostních kategorií nosičů:

- 2,5t - představuje malé smykem řízené nakladače a minirýpadla: Bobcat 150 (2,57t), CASE 410 (2,46t), CAT 256C (2,35t)
- 5,5t - představuje malá rýpadla: Bobcat 435 (5t), Komatsu PC50MR-2 (5,25t), JCB 8055 (5,3t)
- 8t - malá rýpadla (někdy označovaná jako midi) a traktorové rýpadlo-nakladače: Komatsu WB93S-5 (8,05t), JCB 3CX (8,07t), Komatsu PC88MR (8,5t), Case CX80 (8,4t)
- 17t - lehká rýpadla: CASE CX160B (17,1t), Komatsu PC160LC-7 (17,1t), JCB JS160 (17,9t)
- 35t - středně těžká rýpadla: CAT 329D (32,8t), CASE CX370B (36,2t), Komatsu PC350LC-8 (34,3t)
- někteří výrobci okrajově nabízí NVD pro těžší stroje, proto uvedu i kategorii 50t

Vybral jsem rovnou konkrétní hmotnostní skupiny, protože každý výrobce nabízí různé sady NVD, u kterých se hmotnostní příslušnost často překrývá a kolikrát lze na jeden typ nosiče použít vícero NVD. Dalším kritériem jsou parametry tlaku a průtoku. Jejich rozsah často odpovídá možnostem nastavení průtoků u rýpadel.

Pro každou kategorii jsem zpracoval tabulku s parametry, které výrobci uveřejnili. V grafech jsem porovnával odstředivou sílu a statický moment budiče. V každé tabulce uvedu pouze jeden model od každého výrobce. Vždy jsem zvolil takový, který má větší odstředivou sílu a svou hmotností výrazně nepřevyšuje hmotnost NVD ostatních výrobců.

Statický moment zde nahrazuje hmotnost a excentricitu budiče. Tyto veličiny vyjadřují jeho budící potenciál a jejich součinem získáme právě statický moment.

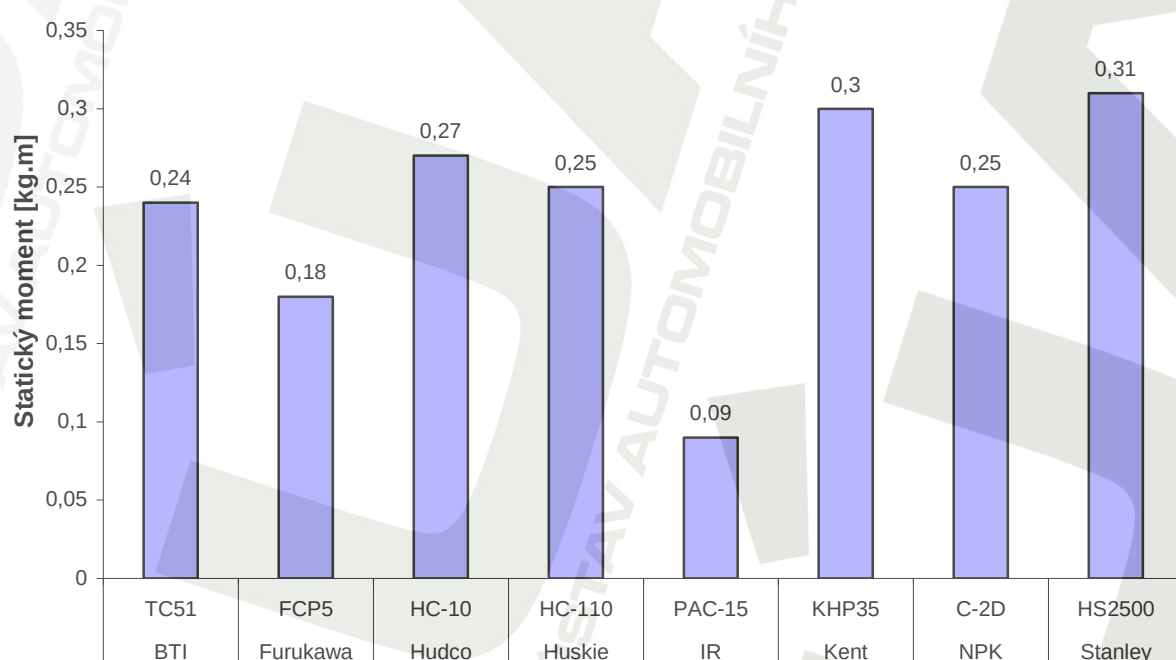
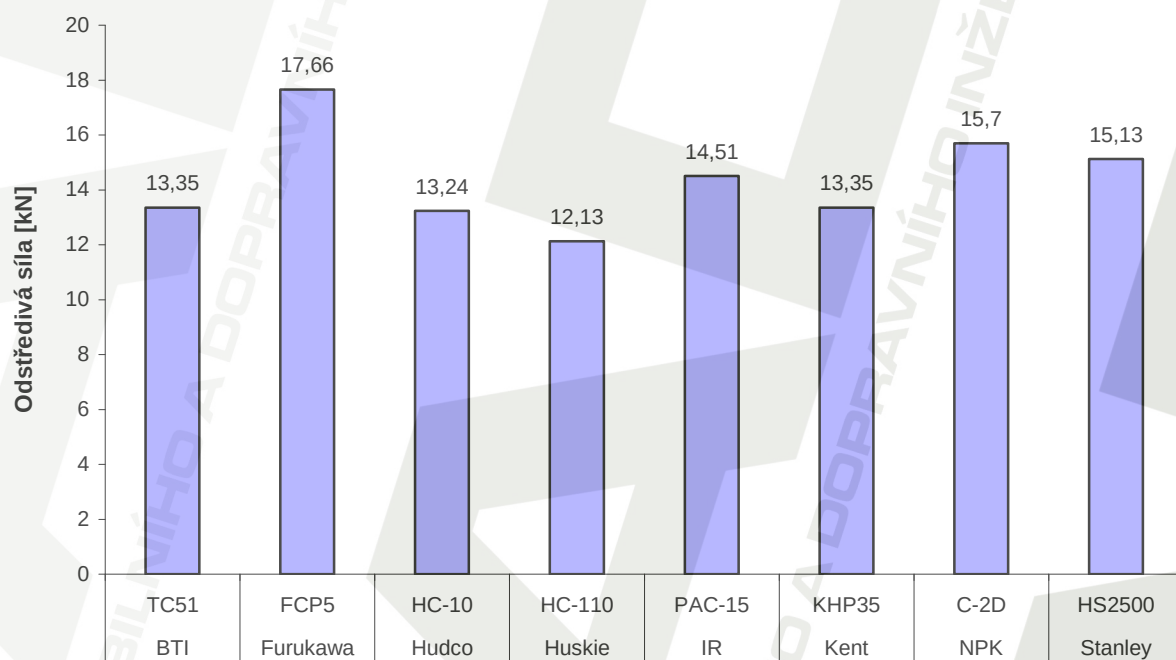
$$F_o = m \cdot r_e \cdot \omega^2 = m \cdot r_e \cdot (2\pi n_p)^2 \Rightarrow S_m = m \cdot r_e = \frac{F_o}{(2\pi n_p)^2} \quad (1)$$

Na závěr kapitoly jsem uvedl graf použitelnosti NVD vzhledem k váze nosiče.

4.1. Nosiče o hmotnosti 2,5t a hmotnost NVD do 172 kg

Tab. 4.1 Parametry NVD, Obr.4.1 Grafy

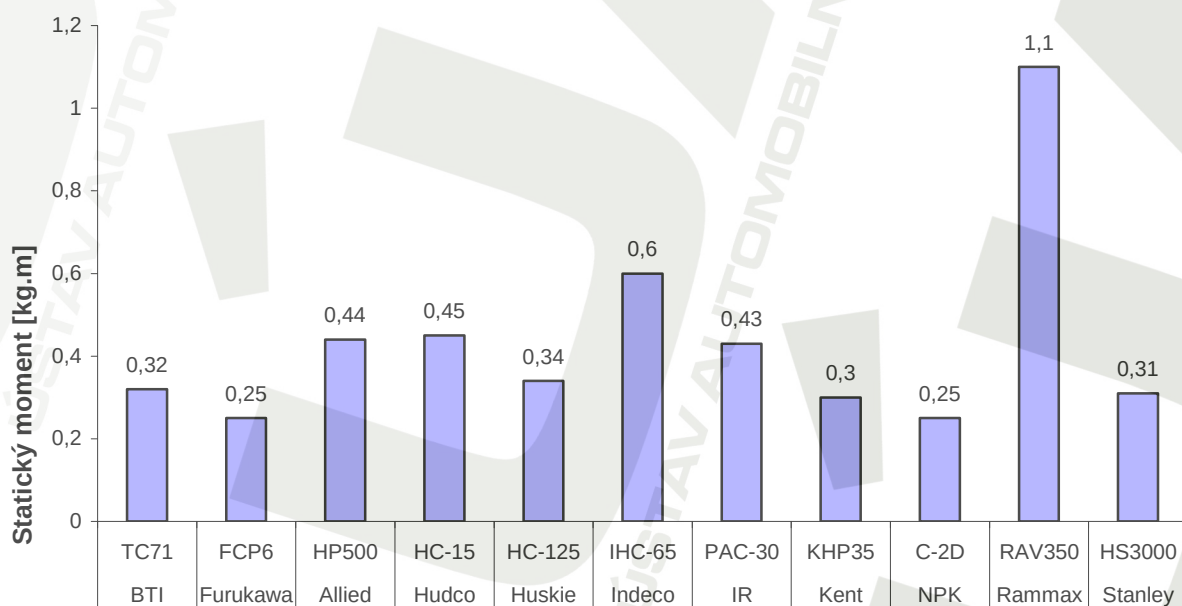
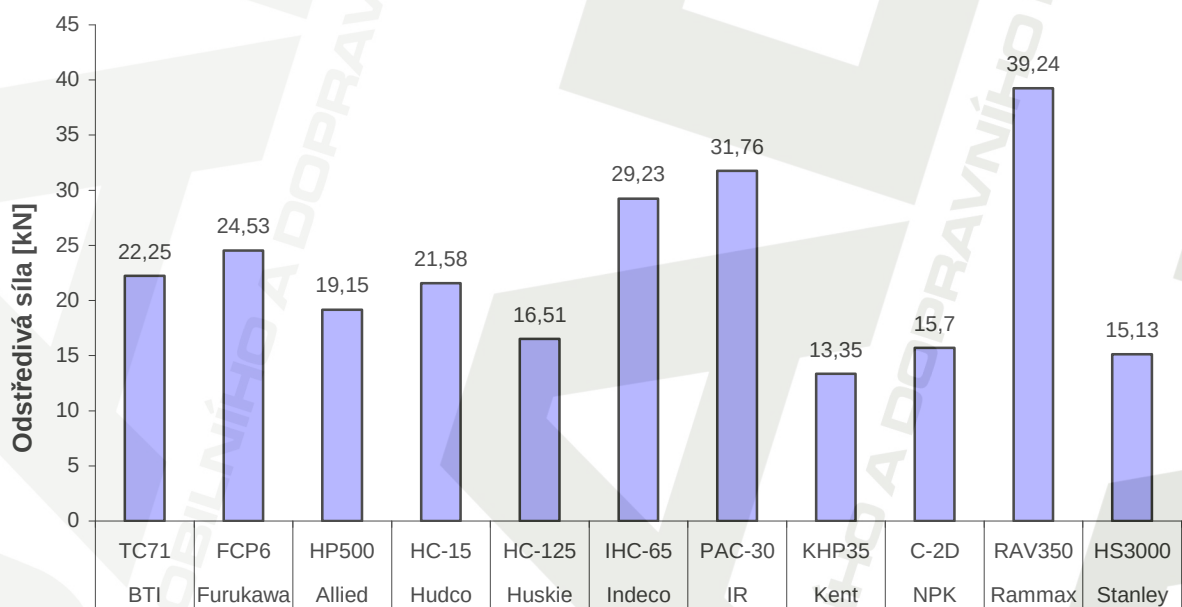
Výrobce	Model	Odstředivá síla [kN]	Max otáčky [min ⁻¹]	Hmotnost desky [kg]	Rozměry [mm/mm]	Plocha desky [m ²]
BTI	TC51	13,35	2240	134	711/318	0,02261
Furukawa	FCP5	17,66	3000	136	450/450	0,02025
Hudco	HC-10	13,24	2100	130	305/710	0,02165
Huskie	HC-110	12,13	2100	-	279/584	0,01629
IR	PAC-15	14,51	3750	115	305/533	0,01626
Kent	KHP35	13,35	2000	138	305/660	0,02013
NPK	C-2D	15,7	2400	172	320/635	0,02032
Stanley	HS2500	15,13	2100	168	476/508	0,02418



4.2. Nosiče o hmotnosti 5,5t a hmotnost NVD do 360 kg

Tab. 4.2 Parametry NVD, Obr.4.2 Grafy

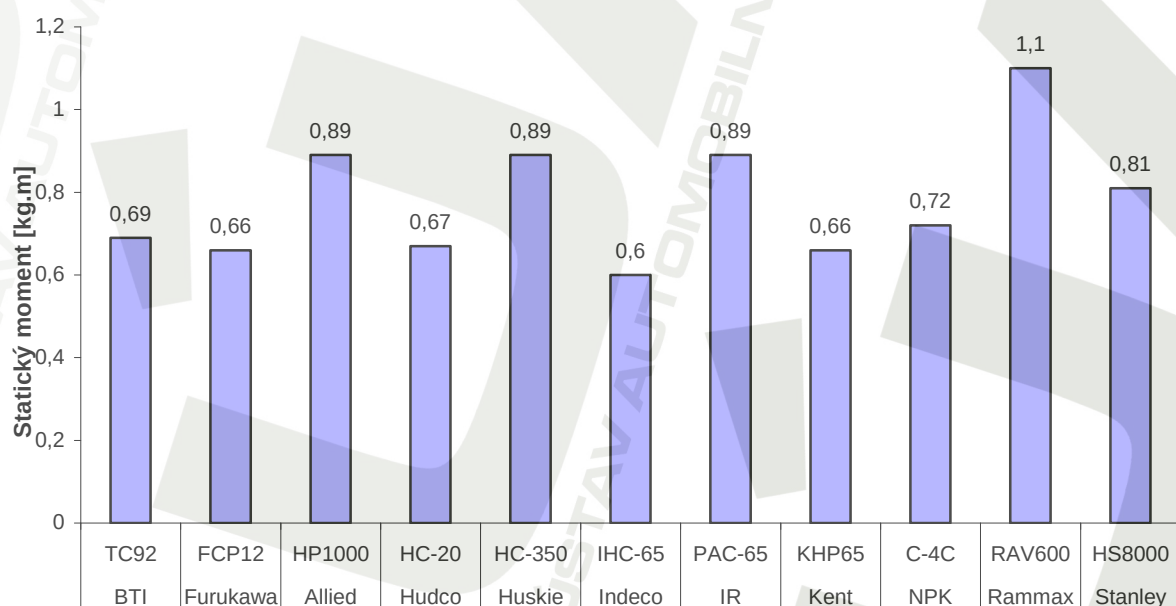
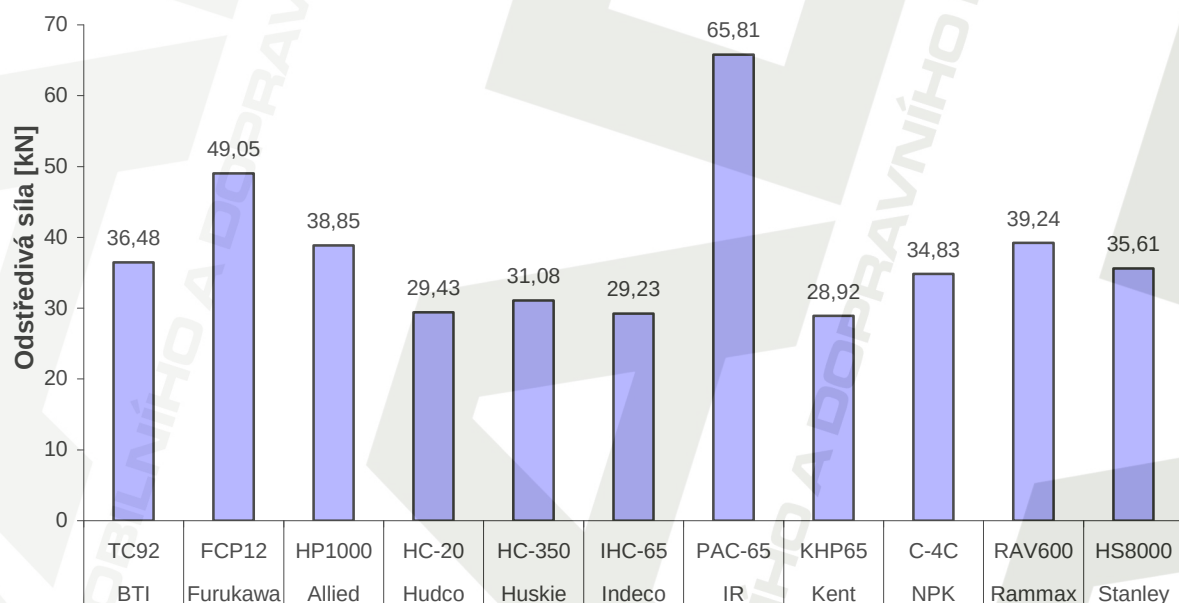
Výrobce	Model	Odstředivá síla [kN]	Max otáčky [min ⁻¹]	Hmotnost desky [kg]	Rozměry [mm/mm]	Plocha desky [m ²]
BTI	TC71	22,25	2500	277	800/381	0,03048
Furukawa	FCP6	24,53	3000	178	510/450	0,02295
Allied	HP500	19,15	2000	233	310/690	0,02139
Hudco	HC-15	21,58	2100	320	405/915	0,03705
Huskie	HC-125	16,51	2100	-	431/508	0,02189
Indeco	IHC-65	29,23	2100	358	584/660	0,03854
IR	PAC-30	31,76	2600	345	584/787	0,04596
Kent	KHP35	13,35	2000	138	305/660	0,02013
NPK	C-2D	15,7	2400	172	320/635	0,02032
Rammax	RAV350	39,24	1800	360	950/460	0,04370
Stanley	HS3000	15,13	2100	168	476/508	0,02418



4.3. Nosiče o hmotnosti 8t a hmotnost NVD do 528 kg

Tab. 4.3 Parametry NVD, Obr.4.3 Grafy

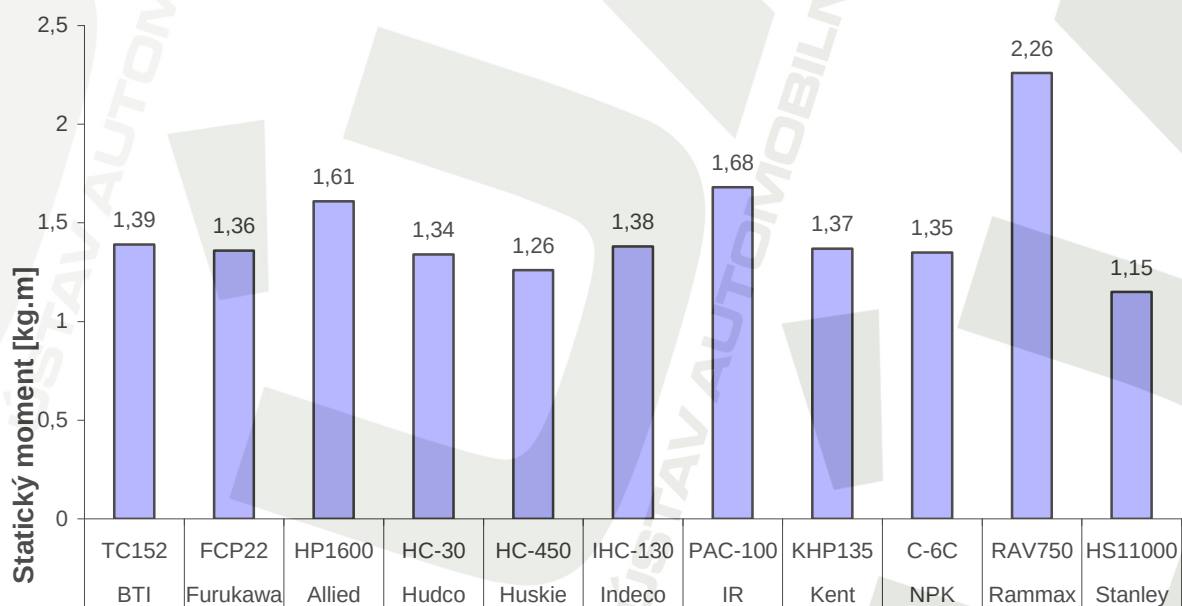
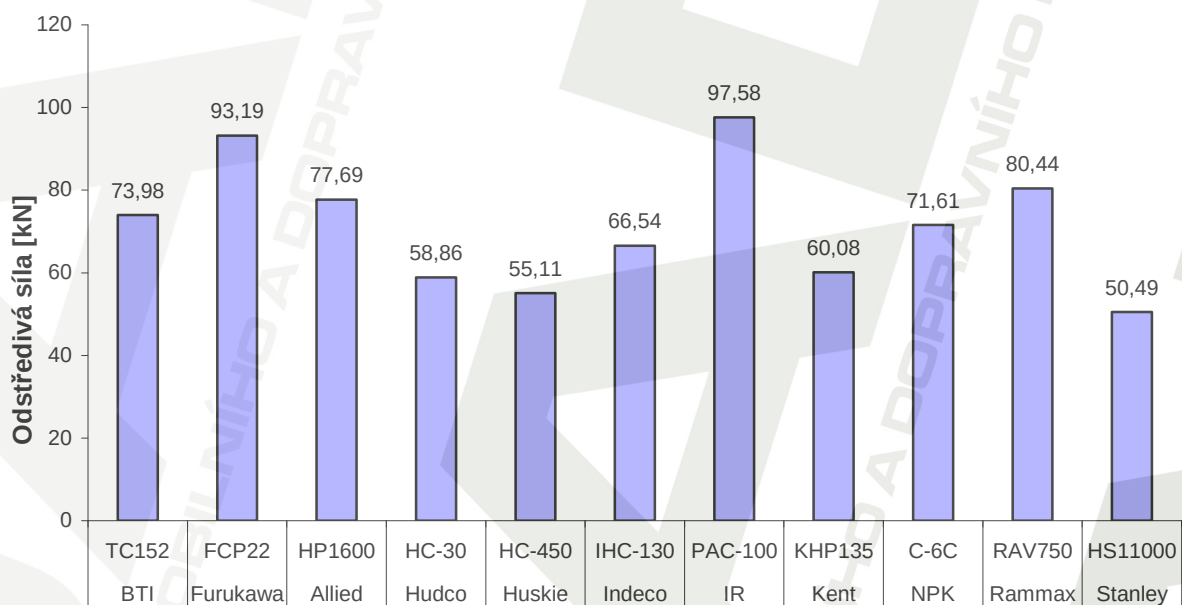
Výrobce	Model	Odstředivá síla [kN]	Max otáčky [min ⁻¹]	Hmotnost desky [kg]	Rozměry [mm/mm]	Plocha desky [m ²]
BTI	TC92	36,48	2200	512	886/584	0,05174
Furukawa	FCP12	49,05	2600	356	610/760	0,04636
Allied	HP1000	38,85	2000	470	610/810	0,04941
Hudco	HC-20	29,43	2000	410	610/865	0,05276
Huskie	HC-350	31,08	2000	-	609/762	0,04640
Indeco	IHC-65	29,23	2100	358	584/660	0,03854
IR	PAC-65	65,81	2600	440	584/889	0,05191
Kent	KHP65	28,92	2000	377	610/864	0,05270
NPK	C-4C	34,83	2100	436	580/860	0,04988
Rammax	RAV600	39,24	1800	380	950/600	0,05700
Stanley	HS8000	35,61	2000	442	610/762	0,04648



4.4. Nosiče o hmotnosti 18t a hmotnosť NVD do 858 kg

Tab. 4.4 Parametry NVD, Obr.4.4 Grafy

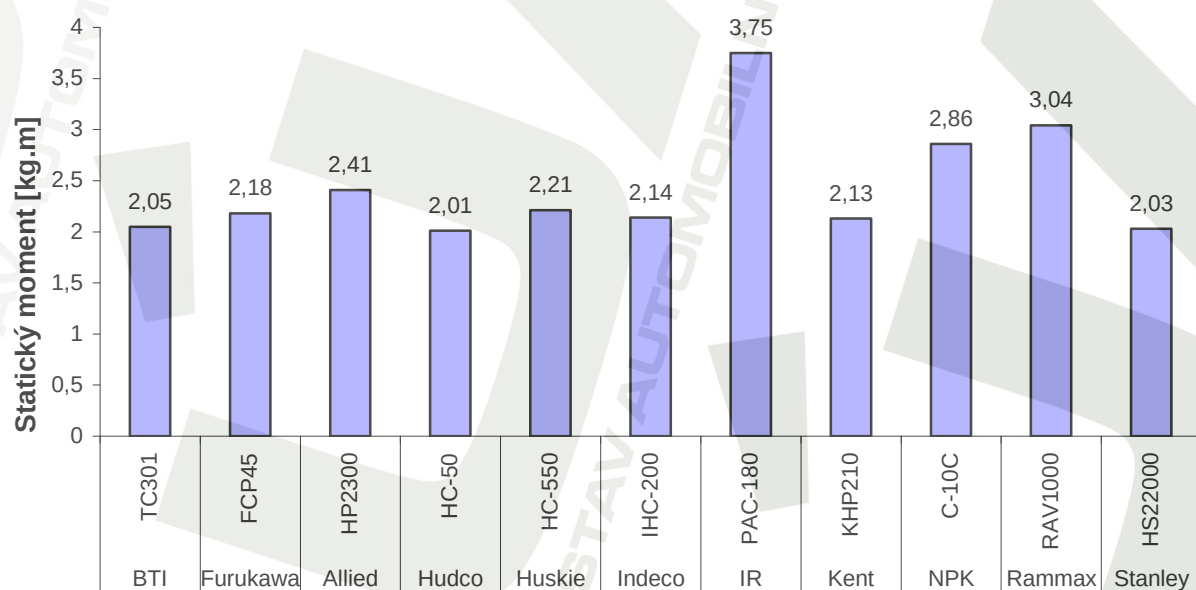
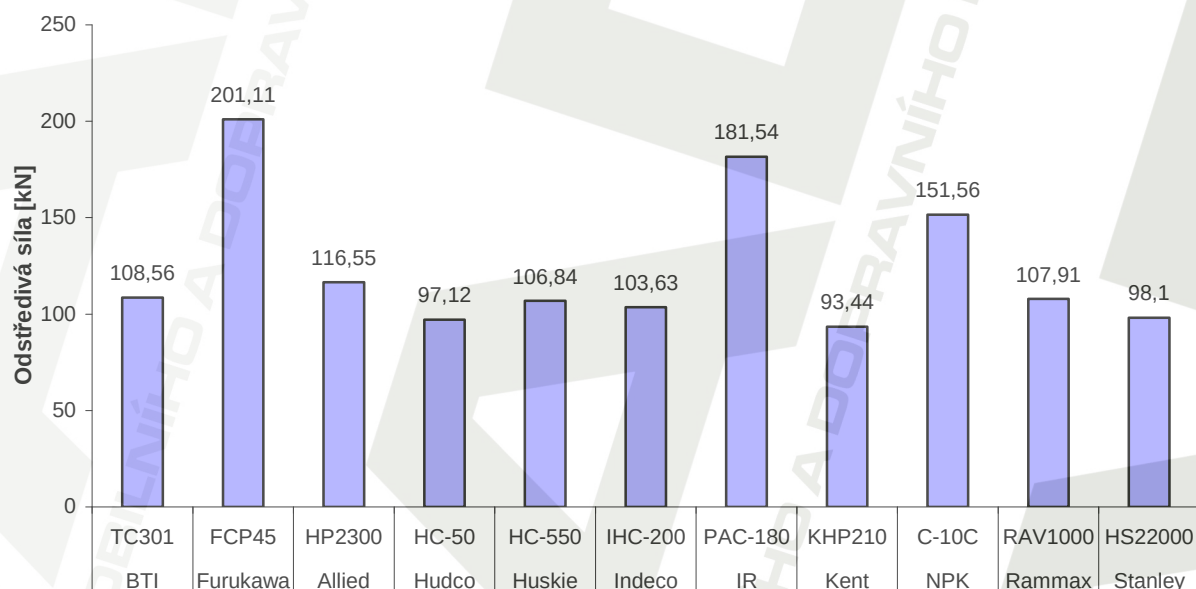
Výrobce	Model	Odstředivá síla [kN]	Max otáčky [min ⁻¹]	Hmotnost desky [kg]	Rozměry [mm/mm]	Plocha desky [m ²]
BTI	TC152	73,98	2200	858	1161/711	0,08254
Furukawa	FCP22	93,19	2500	600	710/850	0,06035
Allied	HP1600	77,69	2100	720	740/810	0,05994
Hudco	HC-30	58,86	2000	725	740/1050	0,07770
Huskie	HC-450	55,11	2000	-	685/762	0,05219
Indeco	IHC-130	66,54	2100	680	597/813	0,04853
IR	PAC-100	97,58	2300	680	597/1041	0,06214
Kent	KHP135	60,08	2000	635	711/1016	0,07223
NPK	C-6C	71,61	2200	778	740/1020	0,07548
Rammax	RAV750	80,44	1800	750	1089/740	0,08058
Stanley	HS11000	50,49	2000	646	686/762	0,05227



4.5. Nosiče o hmotnosti 35t

Tab. 4.5 Parametry NVD, Obr. 4.5 Grafy

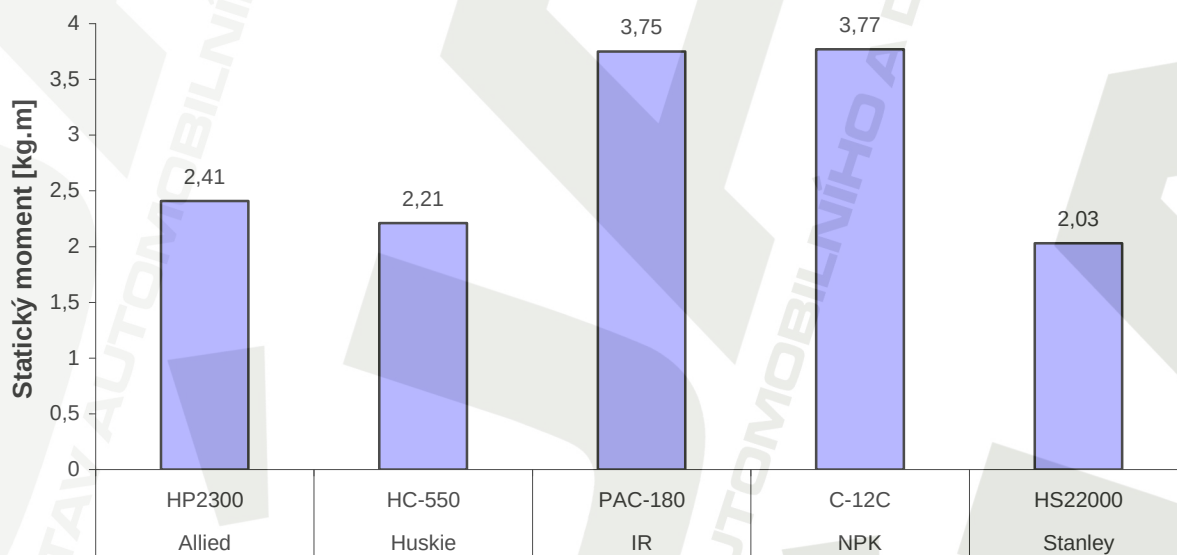
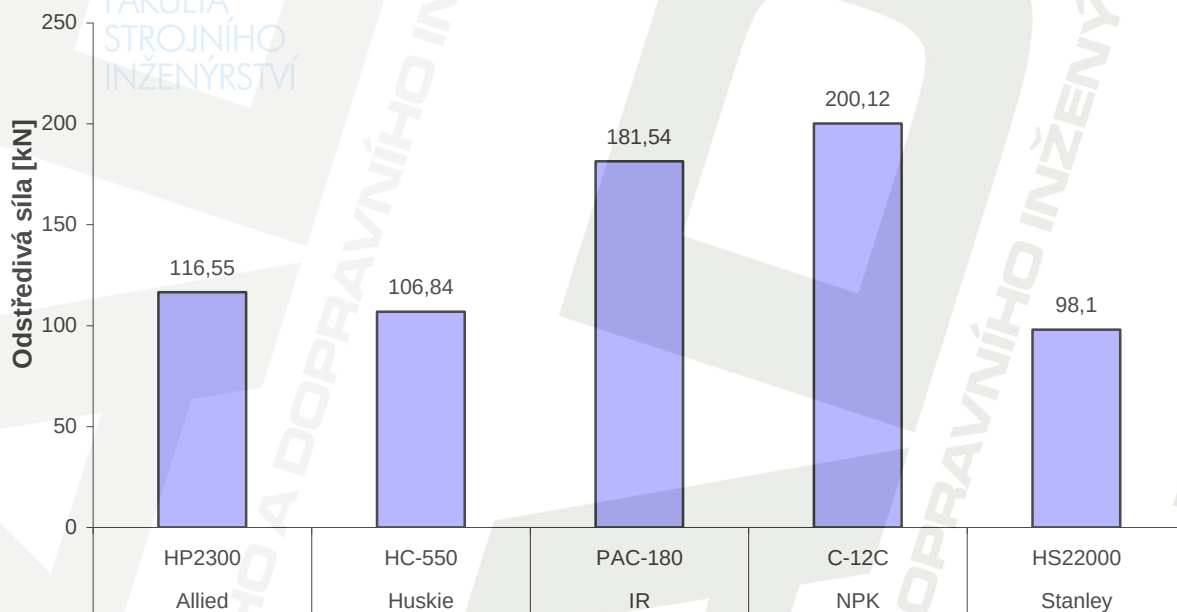
Výrobce	Model	Odstředivá síla [kN]	Max otáčky [min ⁻¹]	Hmotnost desky [kg]	Rozměry [mm/mm]	Plocha desky [m ²]
BTI	TC301	108,56	2200	977	1229/864	0,10618
Furukawa	FCP45	201,11	2900	785	940/750	0,07050
Allied	HP2300	116,55	2100	1005	860/970	0,08342
Hudco	HC-50	97,12	2100	1180	865/1200	0,10380
Huskie	HC-550	106,84	2100	-	812/1066	0,08565
Indeco	IHC-200	103,63	2100	1134	889/940	0,08356
IR	PAC-180	181,54	2100	1134	889/1118	0,09939
Kent	KHP210	93,44	2000	989	864/1168	0,10091
NPK	C-10C	151,56	2200	1640	1020/1320	0,13464
Rammax	RAV1000	107,91	1800	1000	1226/880	0,10788
Stanley	HS22000	98,1	2100	998	813/1067	0,08674



4.6. Nosiče o hmotnosti 50t

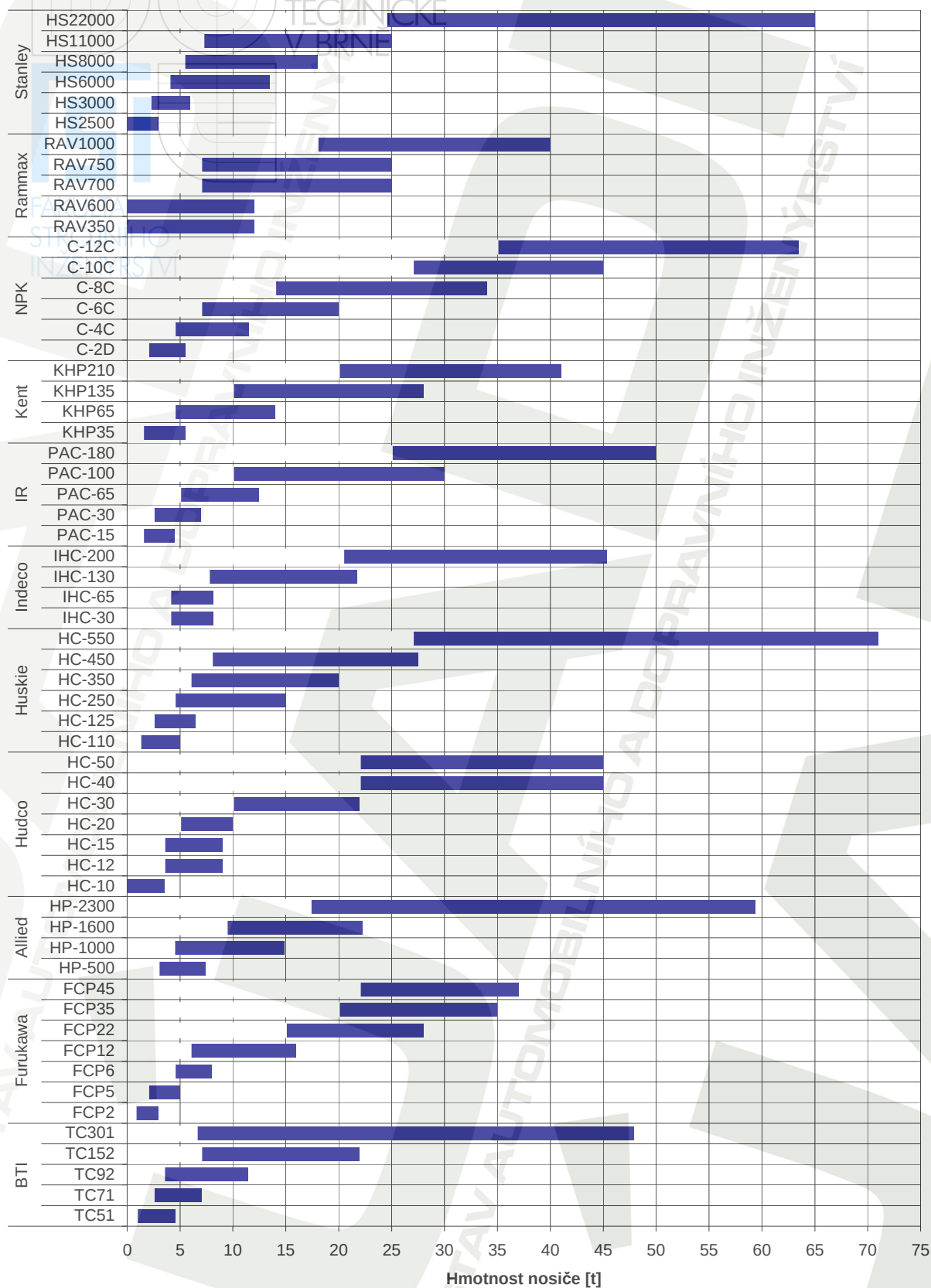
Tab. 4.6 Parametry NVD, Obr.4.6 Grafy

Výrobce	Model	Odstředivá síla [kN]	Max otáčky [min ⁻¹]	Hmotnost desky [kg]	Rozměry [mm/mm]	Plocha desky [m ²]
Allied	HP2300	116,55	2100	1005	860/970	0,08342
Huskie	HC-550	106,84	2100	-	812/1066	0,08565
IR	PAC-180	181,54	2100	1134	889/1118	0,09939
NPK	C-12C	200,12	2200	2030	1140/1470	0,16758
Stanley	HS22000	98,1	2100	998	813/1067	0,08674



4.7. Hmotnostní rozmezí použitelnosti NVD

Obr. 4.7 Graf



5. Vlastní návrh a výpočty

Ještě před samotným návrhem jsem potřeboval určit některé parametry rýpadel v zadané hmotnostní kategorii. Především šlo o průtok, tlak a nejmenší zdvihovou kapacitu.

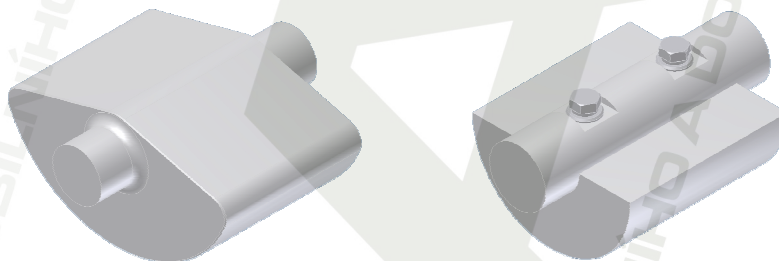
Tab. 5.1 Důležité parametry vybraných rýpadel

Výrobce / Model	Hmotnost [t]	Max. průtok [l/min]	Max. tlak [MPa]	Nejmenší zdvihová kapacita [kg]
Bobcat / 442	7,5	142	28	630
CASE / CX80	8,4	136	29,4	749
Komatsu / PC88MR	8,7	160	26,5	620 / 460 *
Catepillar / 308D	7,8	128	28	800
JCB / 8080 ZTS	8,2	170	30	880

* Jednodílný / Dvoudílný výložník (s protizávažím 530 kg)

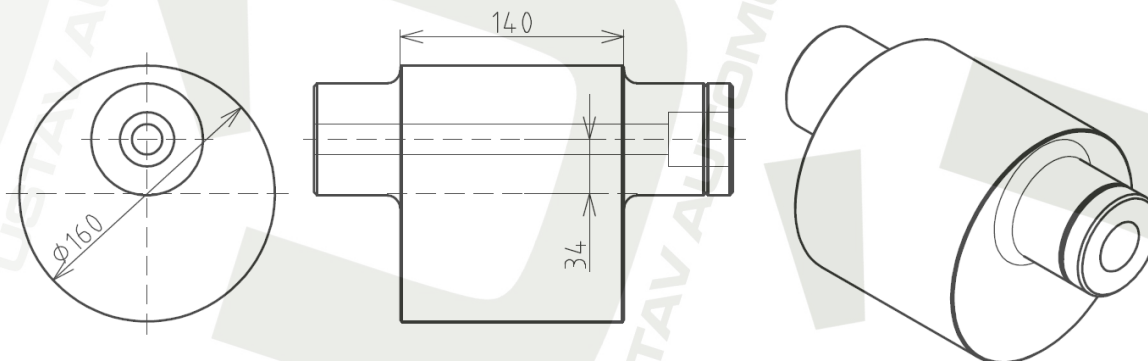
5.1. Návrh parametrů pro určení odstředivé síly

Z tab. 4.3 a obr. 4.3 jsem zjistil průměrnou hodnotu odstředivé síly přibližně 38 kN. Chtěl jsem, aby navrhnutá deska měla odstředivou sílu alespoň 50 kN. Podle vzorce (1) se určí hmotnost, excentricita a provozní otáčky. Hmotnost a excentricita jsou ovlivněny především konstrukčními požadavky na soustavu budiče vibrací.



Obr. 5.1 Ukázka budiče

Zvolil jsem jednoduchý budič vibrací - hřídel s válcovým vývažkem a parametry viz. obr. 4.2. $D_v = 160$ mm, $B = 140$ mm, $r_e = 34$ mm.



Obr. 5.2 Vlastní návrh budiče

Abych dosáhl větší odstředivé síly a menších rozměrů budiče, musel jsem zvolit vyšší otáčky $n_p = 2500 \text{ min}^{-1} = 41,67 \text{ Hz}$.

5.1.1. Výpočet odstředivé síly

Hmotnost vývažku:

$$m = V_v \cdot \rho = \frac{\pi \cdot D_v^2}{4} \cdot B_v \cdot \rho = \frac{\pi \cdot 0,16^2}{4} \cdot 0,14 \cdot 7800 = \underline{\underline{21,96 \text{ kg}}} \quad (2)$$

kde:

$m [\text{kg}]$ - hmotnost vývažku

$V_v [\text{m}^3]$ - objem vývažku

$D_v [\text{m}]$ - průměr vývažku

$B_v [\text{m}]$ - šířka vývažku

$\rho [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$ - měrná hmotnost oceli

Odstředivá síla:

$$F_o = m \cdot r_e \cdot \omega^2 = m \cdot r_e \cdot \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{n_p}{60} \right)^2 = 21,96 \cdot 0,034 \cdot \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{2500}{60} \right)^2 = \underline{\underline{51173 \text{ N}}} \quad (1)$$

kde:

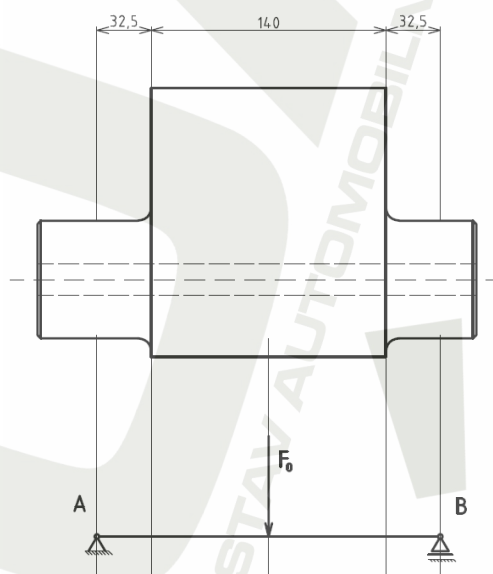
$F_o [\text{N}]$ - odstředivá síla

$m [\text{kg}]$ - hmotnost vývažku

$r_e [\text{m}]$ - excentricita - vzdálenost osy těžiště vývažku od osy otáčení

$\omega [\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}]$ - úhlová rychlost

$n_p [\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}]$ - provozní otáčky



Obr. 5.3 Rozvržení zatížení

5.2. Návrh ložisek

Ložiska musí přenést veškerou odstředivou sílu. Díky souměrnému uložení v pozicích A a B dle obr. 5.3 přeneše každé polovinu odstředivé síly.

Reakční síly:

$$F_{RA} = F_{RB} = \frac{F_o}{2} = \frac{51173}{2} = \underline{\underline{25586,5N}} \quad (3)$$

kde:

F_o [N] - odstředivá síla

F_{RA}, F_{RB} [N] - síly v ložiscích

Působení radiálních sil neuvažuji, proto tyto reakce mohu rovnou použít ke zjištění potřebné základní dynamické únosnosti ložiska - $F_{RA} = F_{RB} = P$.

Základní dynamická únosnost:

$$L_h = \left(\frac{C}{P} \right)^p \cdot \frac{10^6}{n_p \cdot 60} \Rightarrow C = \sqrt[p]{\frac{L_h \cdot n_p \cdot 60}{10^6}} \cdot P = \sqrt[10/3]{\frac{10000 \cdot 2500 \cdot 60}{10^6}} \cdot 25586,5 = \underline{\underline{229,5kN}} \quad (4)$$

kde:

L_h [hod] - základní trvanlivost - zvolil jsem si 10 000 hodin

C [kN] - základní dynamická únosnost

P [N] - ekvivalentní dynamické zatížení ložiska

p [-] - mocnitél - pro válečková a soudečková ložiska platí $p = 3/10$

n_p [ot · min⁻¹] - provozní otáčky

Pro uložení hřídele budiče jsem zvolil soudečkové a válečkové ložisko firmy SKF.

5.2.1. Soudečkové ložisko

Označení a parametry: * **21314 E** [12]

$d = 70$ mm

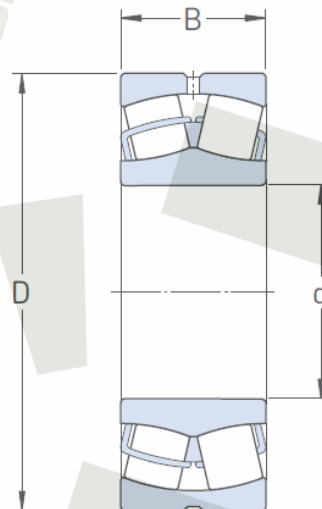
$D = 150$ mm

$B = 35$ mm

$C = 285$ kN

$n_{\max} = 5600$ min⁻¹

$P_{\max} = 34,5$ kN ... maximální zátěžná síla



Obr. 5.4 Soudečkové ložisko [12]

Soudečkové ložisko jsem umístil na straně u hydromotoru. Ložisko dokáže zachytávat případné axiální síly, které na hydromotor nesmí působit. Tyto axiální síly by měly být tak malé, že neovlivní trvanlivost ložiska.

5.2.2. Válečkové ložisko

Označení a parametry: * **NU 314 ECP** [13]

$d = 70 \text{ mm}$

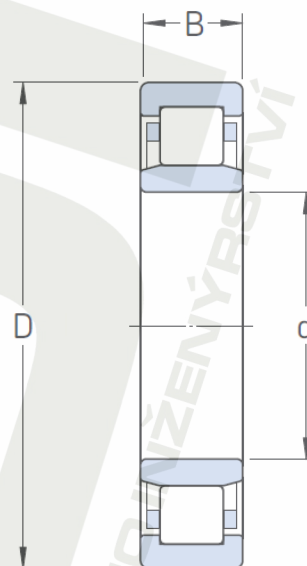
$D = 150 \text{ mm}$

$B = 35 \text{ mm}$

$C = 236 \text{ kN}$

$n_{\max} = 5600 \text{ min}^{-1}$

$P_{\max} = 30,5 \text{ kN}$



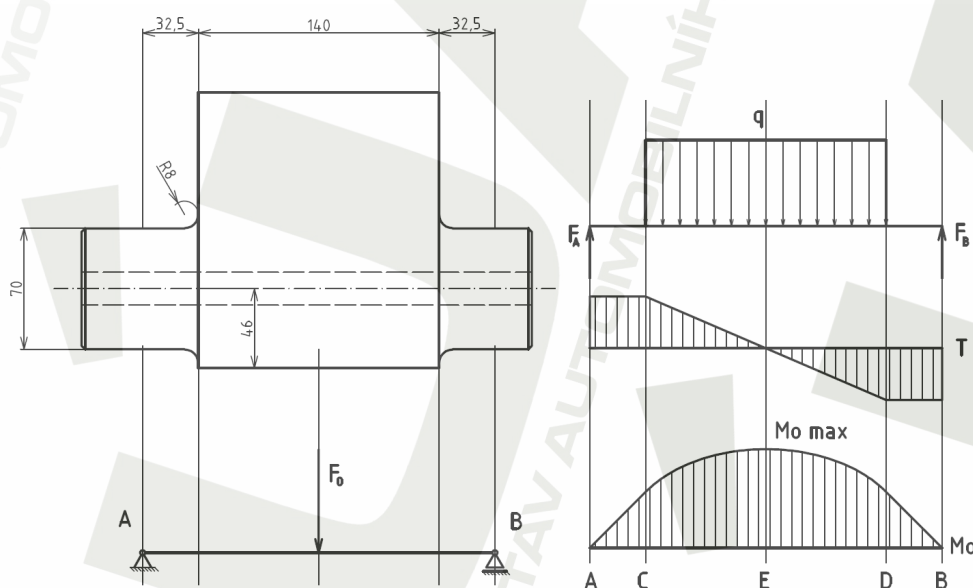
Obr. 5.5 Válečkové ložisko [13]

Válečkové ložisko kompenzuje případnou délkovou roztažnost hřídele budiče.

Návrh uložení je zobrazen na výkrese Sestava budiče. Ložiska jsou mazaná vazelínou a mazivo se doplňuje přes maznice. Celá sestava budiče je utěsněna pomocí o-kroužků, takže ložiska jsou chráněna proti nečistotám z okolí.

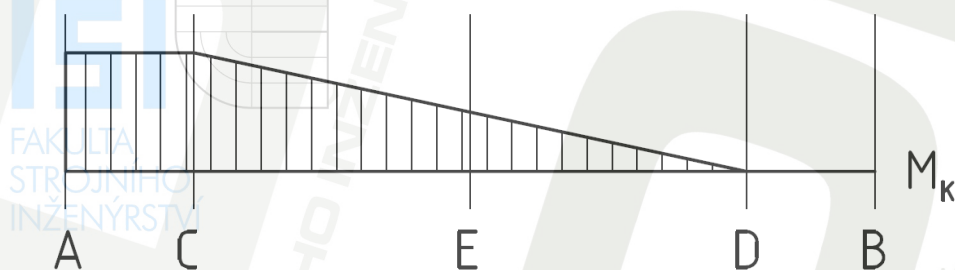
5.3. Návrh hřídele

Průměr hřídele jsem odvodil od vnitřního průměru ložiska $d = 70 \text{ mm}$. V celé délce je navíc vyvrtán otvor $d_o = 20 \text{ mm}$, který slouží při montáži ke vsazení pomocné tyče.



Obr. 5.6 Průběh zatížení na ohyb

I když největší ohybový moment se nachází v místě E, tak kontrolu na namáhání jsem nemusel provádět díky velikému průměru hřídele od vývažku. Nejvíce namáhaná jsou místa C a D kvůli slabší hřídeli a přítomností vrubů. Dále jsem musel v místě C uvažovat kroutící moment od hydromotoru. Ve výpočtu předpokládám nejvyšší vyvinutý moment.



Obr. 5.7 Průběh zatížení kroutícím momentem

5.3.1. Kontrola hřídele

Ohybový moment:

$$M_{oC} = F_{RA} \cdot l_{AC} = 25586,5 \cdot 0,0325 = \underline{\underline{831,56 Nm}} \quad (5)$$

kde:

$M_{oC} [Nm]$ - ohybový moment v místě C

$F_{RA} [N]$ - síla v ložisku

$l_{AC} [m]$ - vzdálenost mezi místy A a C

Průřezový modul v ohybu:

$$W_o = \frac{\pi \cdot (D_h^4 - d_h^4)}{32 \cdot D_h} = \frac{\pi \cdot (0,07^4 - 0,02^4)}{32 \cdot 0,07} = \underline{\underline{3,345 \cdot 10^{-5} m^3}} \quad (6)$$

kde:

$W_o [m^3]$ - modul průřezu v ohybu

$D_h [m]$ - průměr hřídele

$d_h [m]$ - průměr díry v hřídeli

Kroutící moment:

$$M_k = \frac{V_0}{2\pi} \cdot p_p = \frac{27 \cdot 10^{-6}}{2\pi} \cdot 15 \cdot 10^6 = \underline{\underline{64,46 Nm}} \quad (7)$$

kde:

$M_k [Nm]$ - kroutící moment

$V_0 [m^3]$ - jednotkový objem hydromotoru [9]

$p_p [Pa]$ - pracovní tlak (určen v kap. 5.5)

Průřezový modul v krutu:

$$W_k = \frac{\pi \cdot (D_h^4 - d_h^4)}{16 \cdot D_h} = \frac{\pi \cdot (0,07^4 - 0,02^4)}{16 \cdot 0,07} = 6,69 \cdot 10^{-5} m^3 \quad (8)$$

kde:

$W_k [m^3]$ - modul průřezu v krutu

$D_h [m]$ - průměr hřídele

$d_h [m]$ - průměr díry v hřídeli

Součinitel vrubu pro ohyb a pro krut:

$$\alpha_o = 1,5 \quad [5]$$

$$\alpha_K = 1,4 \quad [5]$$

kde:

$$\left(\frac{D}{d}\right) = \frac{R_{vmin} \cdot 2}{D_h} = \frac{46 \cdot 2}{70} = 1,31 \quad R_{vmin} [mm] \quad \text{- nejmenší vzdálenost krajního vlákna vývažku od osy otáčení}$$

$$\left(\frac{R}{D}\right) = \frac{R}{D_h} = \frac{8}{70} = 0,114 \quad R [mm] \quad \text{- zaoblení}$$

Redukované napětí dle podmínky HMH:

$$\begin{aligned} \sigma_{RED} &= \sqrt{(\sigma \cdot \alpha_o)^2 + 3 \cdot (\tau \cdot \alpha_K)^2} = \sqrt{\left(\left(\frac{M_o}{W_o} \cdot \alpha_o\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{M_K}{W_K} \cdot \alpha_K\right)^2\right)} \\ &= \sqrt{\left(\frac{831,56}{3,345 \cdot 10^{-5}} \cdot 1,5\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{64,46}{6,69 \cdot 10^{-5}} \cdot 1,4\right)^2} = \underline{\underline{37,36 MPa}} \end{aligned} \quad (9)$$

kde:

$\sigma_{RED} [MPa]$ - redukované napětí

$\sigma [MPa]$ - napětí v ohybu

$\tau [MPa]$ - napětí v krutu

Kontrola materiálu:

Volil jsem materiál 11 523, který má mez kluzu $R_e = 345 \text{ MPa}$ [5].

$$\sigma_{RED} < \frac{R_e}{n_b} \Rightarrow 37,36 MPa < \frac{345}{3} = 115 MPa \quad \text{vyhovuje} \quad (10)$$

kde:

$\sigma_{RED} [MPa]$ - redukované napětí

$R_e [MPa]$ - mez v kluzu

$n_b [-]$ - bezpečnost, volil jsem $n = 3$

5.4. Volba hydromotru

Výkon HM jsem přibližně volil podle ostatních výrobců při dané odstředivé síle, protože výpočet potřebného kroutícího momentu je velice složitý a zahrnuje mnoho proměnných. Z katalogů ostatních výrobců jsem si proto vyhledal přibližný potřebný výkon 12 kW. K pohonu budiče jsem zvolil rotační zubový hydromotor firmy Jihostroj.

Označení a parametry: **QM-27.55300** [9]

$$V_0 = 27 \text{ cm}^3$$

$$p_{\text{MAX}} = 290 \text{ bar}$$

$$n_{\text{LMAX}} = 3000 \text{ min}^{-1}$$

$$B_{\text{HM}} = 126,5 \text{ mm} \dots \text{délka HM při daném jednotkovém objemu}$$

Potřebný průtok:

$$Q_p = \frac{V_0 \cdot n_p}{\eta_o} = \frac{27 \cdot 10^{-3} \cdot 2500}{0,9} = \underline{\underline{75 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}}} \quad (11)$$

kde:

$$Q_p [\text{l} \cdot \text{min}^{-1}] \text{ - provozní průtok}$$

$$V_0 [\text{dm}^3] \text{ - jednotkový objem}$$

$$n_p [\text{min}^{-1}] \text{ - provozní otáčky}$$

$$\eta_o [-] \text{ - objemová účinnost [9]}$$

Výkon k dispozici:

$$P_{\text{HM}} = Q_p \cdot p_p \cdot \eta_c = \frac{75}{60000} \cdot 21 \cdot 10^6 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = \underline{\underline{14,34 \text{ kW}}} \quad (12)$$

kde:

$$P_{\text{HM}} [\text{kW}] \text{ - výkon hydromotoru}$$

$$Q_p [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \text{ - provozní průtok}$$

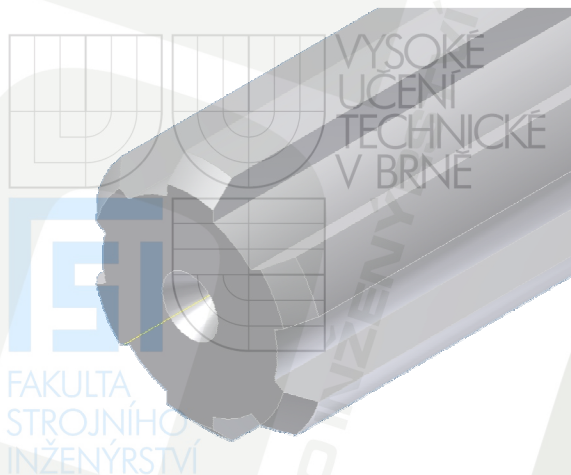
$$p_p [\text{Pa}] \text{ - provozní tlak (určen v kapitole 5.5)}$$

$$\eta_c = \eta_o \cdot \eta_p [-] \text{ - celková = objemová x tlaková účinnost [9]}$$

Výkon motoru je dostatečný.

5.4.1. Spojení hřídele budiče s hydromotorem

Zvolil jsem spojení pomocí rovnobokého drážkování, kdy drážkovaná hřídel je dodávána společně s hydromotorem. Drážkovaná hřídel se zasouvá do pouzdra, které je nalisováno a zavařeno do hřídele budiče.



Obr. 5.8 Drážkovaná hřídel a pouzdro pro hřídel budiče

Pro rozebíratelné spojení se může využít pouzdro, které je v hřídeli budiče proti otáčení zajištěno drážkou pro těsné pero a proti posuvu pojistným kroužkem.

5.5. Volba ochranných prvků hydraulického obvodu

Aby nedošlo ke zvýšení průtoku a tím i otáček, než je navrženo, musel jsem před hydromotor umístit 3-cestný regulátor průtoku s kompenzací tlaku. Zvolil jsem hliníkový typ od výrobce Oil Control.

Označení a parametry: **0M.32.03-80-04** [10]

$Q_{INmax} = 150 \text{ l.min}^{-1}$...maximální vstupní průtok

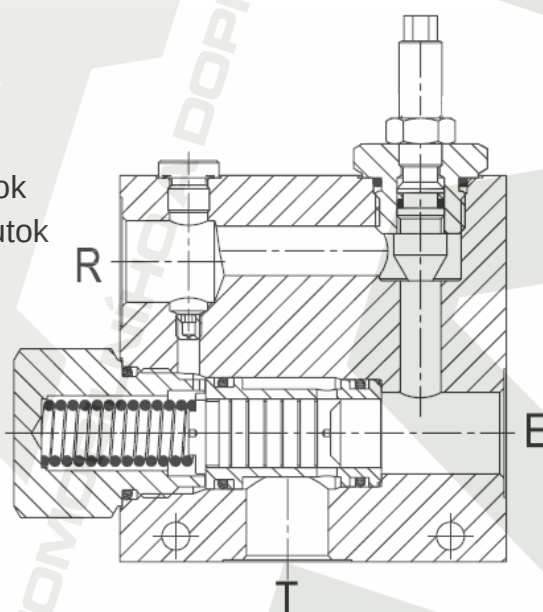
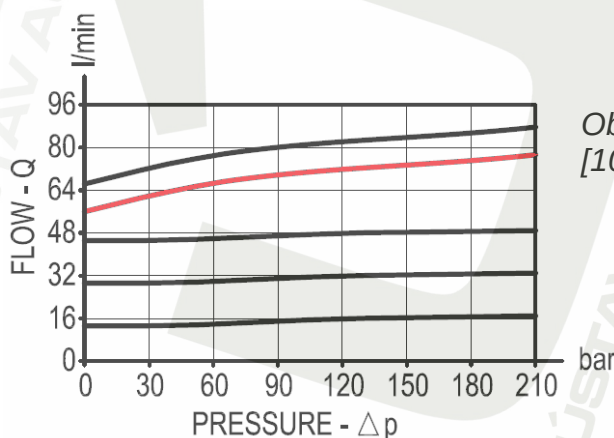
$Q_{OUTmax} = 90 \text{ l.min}^{-1}$...maximální výstupní průtok

$p_{Rmax} = 210 \text{ bar}$...maximální regulovaný tlak

Nastavené hodnoty:

$Q_P = 75 \text{ l.min}^{-1}$

$p_P = 150 \text{ bar}$



Obr. 5.9 Řez 3-cestným regulátorem průtoku [10]

Obr. 5.10 Průběh průtoku při změně tlaku [10]

6. Využitelnost NVD

V této kapitole se budu zabývat využitím NVD, jaké jsou výhody a nevýhody oproti klasickým vedeným deskám. Vypsal jsem pouze ta použití, výhody a nevýhody, které uvádí většina výrobců. Předně je třeba zdůraznit, že použití NVD se vyplatí pouze při rozměrnější pracích a **správném používání**.

Obecně se NVD mohou použít:

- na většinu povrchů a oproti klasickým vedeným deskám i na přemokřené a nerovné povrchy, kde by jinak hrozily potíže s posuvem.
- v nebezpečných prostorách jako jsou nezpevněné jámy a výkopy nebo ve špatně přístupných místech, protože obsluha se nenachází přímo u desky.
- při hutnění více nakloněných ploch, ze kterých by klasické desky sjížděly.
- někteří výrobci uvádí, že pomocí NVD je možno „zatloukat“ do země různé kůly a tyče.

Naopak se moc nehodí pro hutnění živičných povrchů, srovnávání dlaždic apod.

6.1. Výhody

- + větší hutnící účinnost než u klasických vibračních desek při stejné hmotnosti a menších rozměrech strojů
- + někteří výrobci uvádí, že u NVD zhutňovací efekt (kdy se povrchová vrstva dostatečně nezhutní) nenastává. Je to způsobeno vlivem statického zatížení, jak se nosič do desky opírá
- + při jednorázové navážce zeminy se nemusí ručně nebo pomocí dalšího stroje rozhrnovat, protože to strojník deskou zvládne sám
- + méně pohyblivých částí, téměř bezúdržbové

6.2. Nevýhody

- zdlouhavá montáž na nosič (lze odstranit pomocí rychloupínačů)
- větší provozní náklady vlivem potřeby nosiče
- negativní vliv na rameno nosiče (lze minimalizovat nebo úplně odstranit správným používáním)

7. Závěr

V této práci jsem se zabýval nesenými vibračními deskami. V první části jsem uvedl jednotlivé díly NVD a popsal jejich nejčastější konstrukční řešení. Dále jsem zpracoval celkovou tabulku všech modelů od vybraných výrobců, kde jsem uvedl dostupné parametry pro vzájemné porovnání. V druhé části práce jsem porovnával jednotlivé modely rozdělené do vybraných hmotnostních kategorií a porovnával jejich odstředivou sílu a budící potenciál. Následně jsem navrhnul vlastní NVD, kterou je možno zařadit mezi desky hmotnostní kategorie 8t . Vypracoval jsem zadanou výkresovou dokumentaci a provedl potřebné výpočty. Při návrhu ložisek jsem neuvažoval modifikovanou trvanlivost, kde se uvažuje vliv maziva, čistota prostředí atd. Díky tomu jsou navržená ložiska značně předimenzována. Proto jsem musel volit i masivní hřídel budiče vibrací. Při porovnání výsledků výpočtů a hmotnosti desky uvedenou na výkrese sestavy s tabulkou tab. 5.1 vidíme, že splňují požadavky (hmotnost, průtok a tlak oleje) všech uvedených rýpadel. Celý návrh NVD jsem vypracoval v programu Inventor, což ilustrují obrázky v příloze 2.

Seznam použitých zdrojů:

- [1] VANĚK, Antonín. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. 1. vyd. Praha: Academia, 2003. 526 s. ISBN 80-200-1045-9.
- [2] HEJMAL, Zdeněk. *Ženíjní technika a její použití I.: Stroje pro zemní práce*. 1 vyd. Brno: Univerzita obrany, 2006. 84 s. ISBN 80-7231-195-6.
- [3] JEŘÁBEK, Karel. *Zemní stroje*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické. 1987. 256 s.
- [4] PACAS, Blahoslav. *Teorie stavebních strojů*. 2. vyd. Brno: VUT Brno, 1986. 244 s.
- [5] LEINVEBER, Jan. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 2. dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2005. 907 s. ISBN 80-7361-011-6.
- [6] SOBEK, Evžen, et al. *Základy konstruování: Návod pro konstrukční cvičení*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 164 s. ISBN 80-7204-311-5.
- [7] SVOBODA, Pavel, BRANDEJS, Jan, PROKEŠ, František. *Základy konstruování*. 4. přep. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 199 s. ISBN 80-7204-458-3.
- [8] SVOBODA, Pavel, BRANDEJS, Jan, PROKEŠ, František. *Výběry z norem pro konstrukční cvičení*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 223 s. ISBN 80-7204-465-6.
- [9] Jihostroj. *Katalog hydrauliky*, [PDF dokument], [cit. 21.1.2009]. 195 s., dostupný na WWW: <http://www.jihostroj.com/cz/katalog-hydrauliky/>.
- [10] Oil Control. *Katalog model OM3203XY*, [PDF dokument], [cit. 2.3.2009]. 1 s., dostupný na WWW: <http://www.oilcontrol.com/website/catalogs/PB/index.html>.
- [11] ŠKOPÁN, Miroslav. *Hydraulické pohony*. Brno: VUT Brno, 2004. 166 s.
- [12] Katalog SKF. *Soudečková ložiska*, [PDF dokument], [cit. 12.12.2008]. 84 s., dostupný z WWW: http://www.skf.com/portal/skf_cz/home/products?contentId=259700/=cs.
- [13] Katalog SKF. *Válečková ložiska*, [PDF dokument], [cit. 12.12.2008]. 98 s., dostupný z WWW: http://www.skf.com/portal/skf_cz/home/products?contentId=259693/=cs.
- [14] Atlas Copco. *Operating instruction: Hydraulic Compactor*, [PDF dokument]. Essen: Atlas Copco, 2008 [cit. 11.3.2009]. 52 s. dostupný z WWW: http://pol.atlascopco.com/SGSite/default_prod.asp?cookie_test=1

- [15] Atlas Copco. *Spare parts list: Hydraulic Compactor*, [PDF dokument]. Essen: Atlas Copco, 2008 [cit. 11.3.2009]. 12 s. dostupný z WWW: http://pol.atlascopco.com/SGSite/default_prod.asp?cookie_test=1
- [16] Breaker Technology Inc. *Hydraulic compactors*, [PDF dokument]. Solon: BTI, 2006 [cit. 14.11.2008]. 2 s. dostupný z WWW: <http://rockbreaker.com/products/compactors/default.htm>
- [17] Furukawa. *Attachments*, [PDF dokument]. 2007 [cit. 14.11.2008]. 2 s. dostupný z WWW: <http://www.komatsu.cz/cz/frd/>
- [18] Allied. *Ho-Pac Brochure*, [PDF dokument]. 2005 [cit. 14.11.2008]. 6 s. dostupný z WWW: <http://www.alliedcp.com/products/compactor.asp>
- [19] Indeco. *Boom-Mounted Compactors*, [PDF dokument], [cit. 14.11.2008]. 4 s. dostupný z WWW: <http://www.indeco-breakers.com/products/compactors/>
- [20] Ingersoll Rand. *Hydraulic plate compactors*, [PDF dokument]. 2006 [cit. 14.11.2008]. 2 s. dostupný z WWW: <http://www.ingersoll-rand.com>
- [21] NPK. *Compactors*, [PDF dokument], [cit. 14.11.2008]. 4 s. dostupný z WWW: <http://www.npke.cz/demolicni-a-bouraci-stroje.php>
- [22] Rammax. *Add-on compactors*, [PDF dokument]. [cit. 14.11.2008]. 4 s. dostupný z WWW: <http://www.rammax.de/Plattenverdichter.6720+M5a764e098d4.0.html>
- [23] Allied. *Skid-Pac Brochure*, [PDF dokument]. 2005 [cit. 14.11.2008]. 2 s. dostupný z WWW: <http://www.alliedcp.com/products/compactor.asp>
- [24] IKA. *Nesené hutnící desky Stanley*. Radhošť: IKA, 2008.
- [25] Bomag. *Single drum rollers with vibratory plates* [online]. 2008 [cit. 12.12.2008]. dostupný z WWW: <http://www.bomag.com/worldwide/index.aspx?&Lang=10000>
- [26] Kent. *Top performing demolition tools*, [PDF dokument], [cit. 14.11.2008]. 24 s. dostupný z WWW: http://www.kenttool.com/plate_compactors/khp65.html
- [27] Parker. *Product list* [online]. 2009 [cit. 2.3.2009]. Dostupný z WWW: <http://www.parker.com/portal/site/PARKER>
- [28] <http://www.jcb.cz>
- [29] <http://www.komatsu.cz>
- [30] <http://www.casece.com/>
- [31] <http://www.bobcat.cz/>
- [32] <http://www.caterpillar.com>

Seznam použitých zkratk a symbolů

B	šířka ložiska	[mm]
B_{HM}	délka hydromotoru	[mm]
B_V	šířka vývažku	[m]
C	základní dynamická únosnost	[kN]
d	vnitřní průměr ložiska	[mm]
d_h	průměr díry v hřídeli	[m]
D	vnější průměr ložiska	[mm]
D_h	průměr hřídele	[mm]
D_V	průměr vývažku	[m]
F_o	odstředivá síla	[N]
F_{RA}	reakce v ložisku A	[N]
F_{RB}	reakce v ložisku B	[N]
l_{AC}	vzdálenost mezi místy A a C	[m]
L_h	základní trvanlivost	[hod]
m	hmotnost vývažku	[kg]
M_k	krouťící moment	[Nm]
M_o	ohybový moment v místě C	[Nm]
n_b	bezpečnost	[-]
n_{hmax}	maximální otáčky hydromotoru	[min ⁻¹]
n_{max}	max. otáčky ložiska	[min ⁻¹]
n_p	provozní otáčky	[min ⁻¹]
p	mocnitel	[-]
p_{max}	maximální tlak na vstup hydromotoru	[bar]
p_p	pracovní tlak	[Pa]
p_{Rmax}	maximální regulovaný tlak na výstupu	[bar]
P	ekvivalentní dynamické zatížení	[N]
P_{HM}	výkon k dispozici	[kW]
P_{max}	max. zátěžná síla ložiska	[kN]
Q_{INmax}	maximální vstupní průtok	[l.min ⁻¹]
Q_{OUTmax}	maximální výstupní průtok	[l.min ⁻¹]
Q_p	provozní průtok hydromotoru	[l.min ⁻¹]
r_e	excentricita	[m]
R	zaoblení	[mm]
R_e	mez kluzu	[MPa]
R_{vmin}	nejmenší vzdálenost krajního vlákna vývažku od osy otáčení	[mm]
S_m	statický moment	[kg.m]
V_o	jednotkový objem hydromotoru	[m ³]
W_o	modul průřezu v ohybu	[mm ³]
W_k	modul průřezu v krutu	[mm ³]

α_k	součinitel vrubu v krutu	[-]
α_o	součinitel vrubu v ohybu	[-]
η_c	celková účinnost	[-]
η_o	objemová účinnost	[-]
η_p	tlačový účinnost	[-]
ρ	hustota	[kg.m ⁻³]
σ	napětí v ohybu	[MPa]
σ_{RED}	reduované napětí dle podmínky HMM	[MPa]
τ	napětí v krutu	[MPa]
ω	úhlová rychlost	[rad.s ⁻¹]

NVD nesená vibrační deska
 HM hydromotor

Seznam obrázků

Obr. 2.1	Vedená, nesená, tažená vibrační deska	10
Obr. 2.2	NVD pro malý smykem řízený kolový nakladač	10
Obr. 3.1	Schéma NVD	11
Obr. 3.2	Montáž aktivní desky	11
Obr. 3.3	Nejrozšířenější typy používaných silentbloků.....	12
Obr. 3.4	Přesah pryže	12
Obr. 3.5	Rammax RAV 700-P s ochranou proti přetížení	13
Obr. 3.6	Hutnění u překážek.....	13
Obr. 3.7	Schéma budiče	14
Obr. 3.8	Náhled na část hydrauliky	15
Obr. 3.9	Schéma zapojení hydromotoru	15
Obr. 3.10	Druhy upínacích plošin	16
Obr. 3.11	Rychloupínací zařízení	16
Obr. 3.12	Třícestný škrtící ventil se stabilizací tlaku	17
Obr. 3.13	Upínací blok pro jeden pár rychlospojek. Příklad rychlospojek	17
Obr. 4.1	Grafy	19
Obr. 4.2	Grafy	20
Obr. 4.3	Grafy	21
Obr. 4.4	Grafy	22
Obr. 4.5	Grafy	23
Obr. 4.6	Grafy	24
Obr. 4.7	Graf	25
Obr. 5.1	Ukázka budiče	26
Obr. 5.2	Vlastní návrh budiče	26
Obr. 5.3	Rozvržení zatížení	27
Obr. 5.4	Soudečkové ložisko	28
Obr. 5.5	Válečkové ložisko	29
Obr. 5.6	Průběh zatížení na ohyb	29
Obr. 5.7	Průběh zatížení kroutícím momentem	30
Obr. 5.8	Drážkovaná hřídel a pouzdro pro hřídel budiče	33
Obr. 5.9	Řez 3-cestným regulátorem průtoku	33
Obr. 5.10	Průběh průtoku při změně tlaku	33

Seznam tabulek

Tab. 3.1	Vlastní frekvence vybraných zemin	15
Tab. 4.1	Parametry NVD	19
Tab. 4.2	Parametry NVD	20
Tab. 4.3	Parametry NVD	21
Tab. 4.4	Parametry NVD	22
Tab. 4.5	Parametry NVD	23
Tab. 4.6	Parametry NVD	24
Tab. 5.1.	Důležité parametry vybraných rýpadel	26

Seznam příloh

Příloha 1 – Tabulka všech modelů vybraných výrobců a jejich parametrů

Příloha 2 – Sada obrázků NVD z programu Inventor

Výkresová dokumentace:

Nesená vibrační deska (sestava)

2-BP-S1/0 2 Listy

Kusovník

K-BP-S1/0

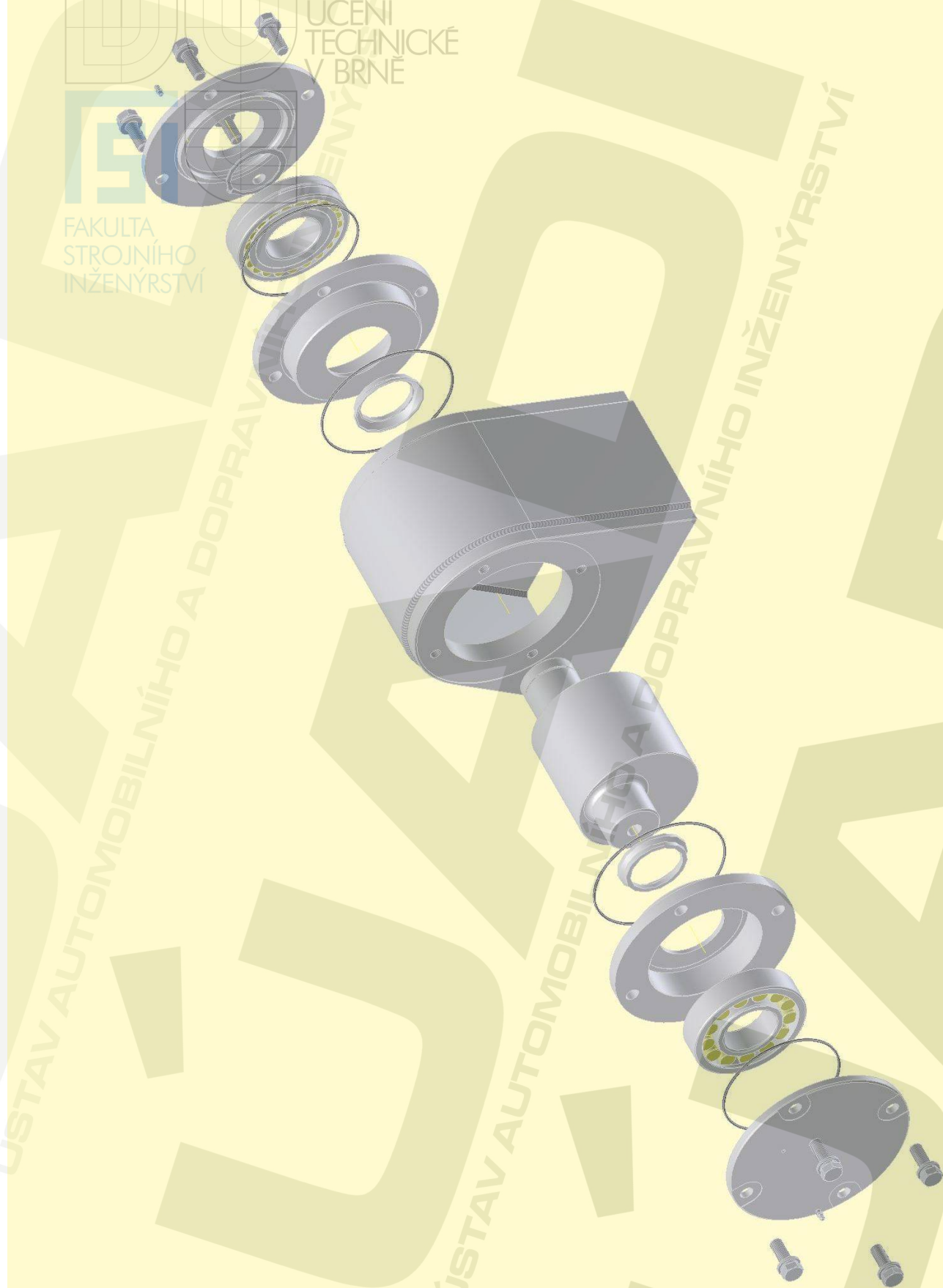
Aktivní deska (svařenec)

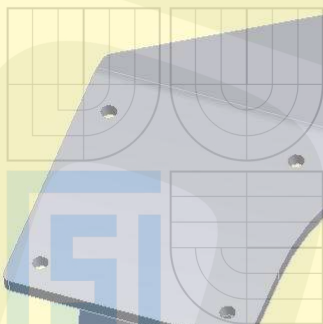
2-BP-S2/0



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

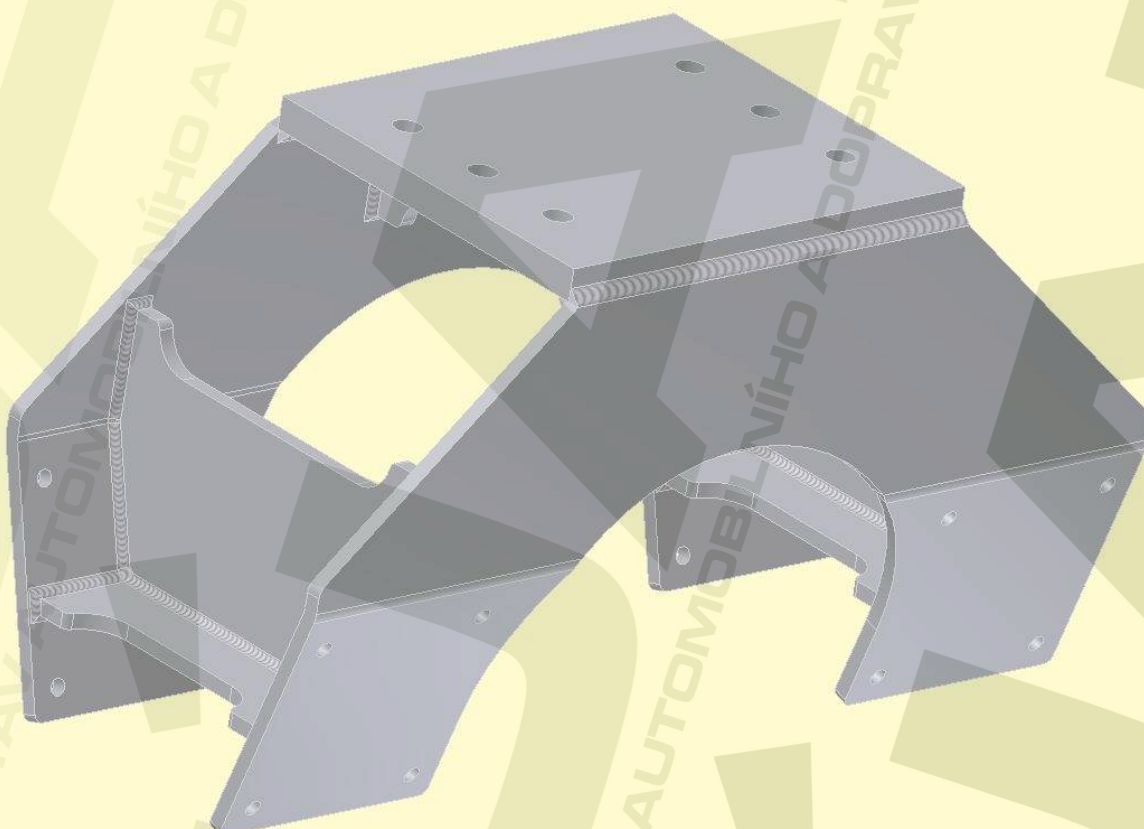
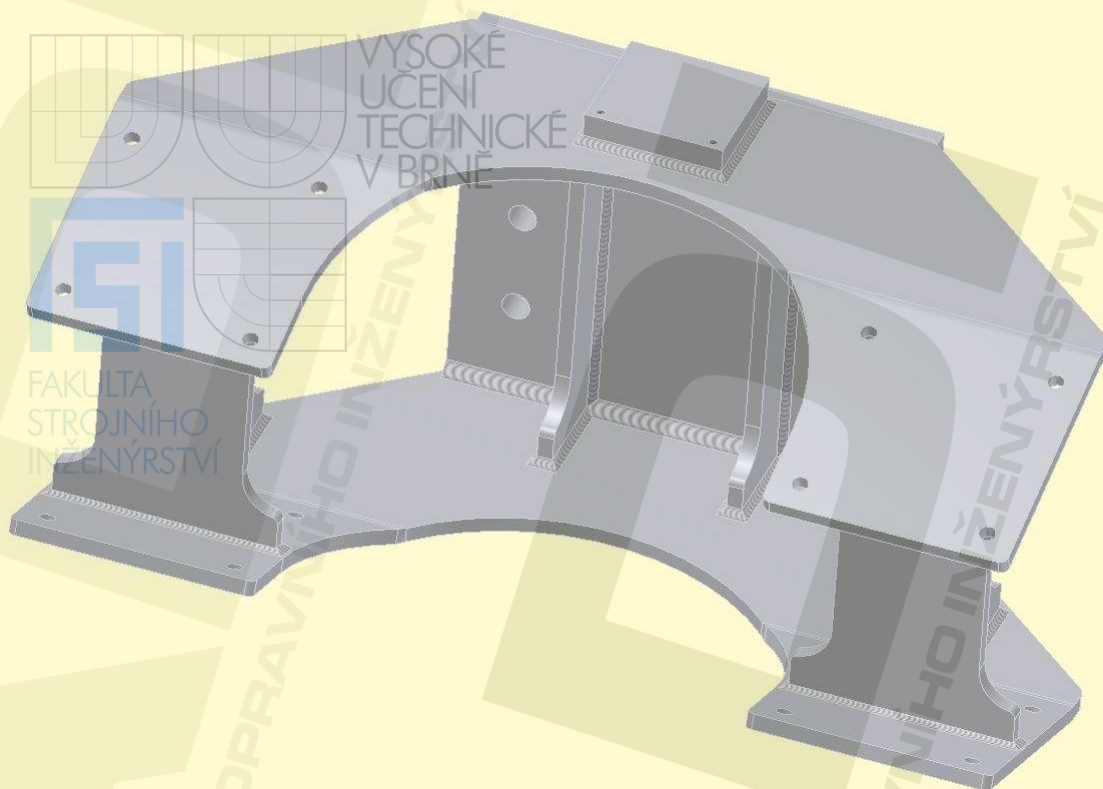
FAKULTA
STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

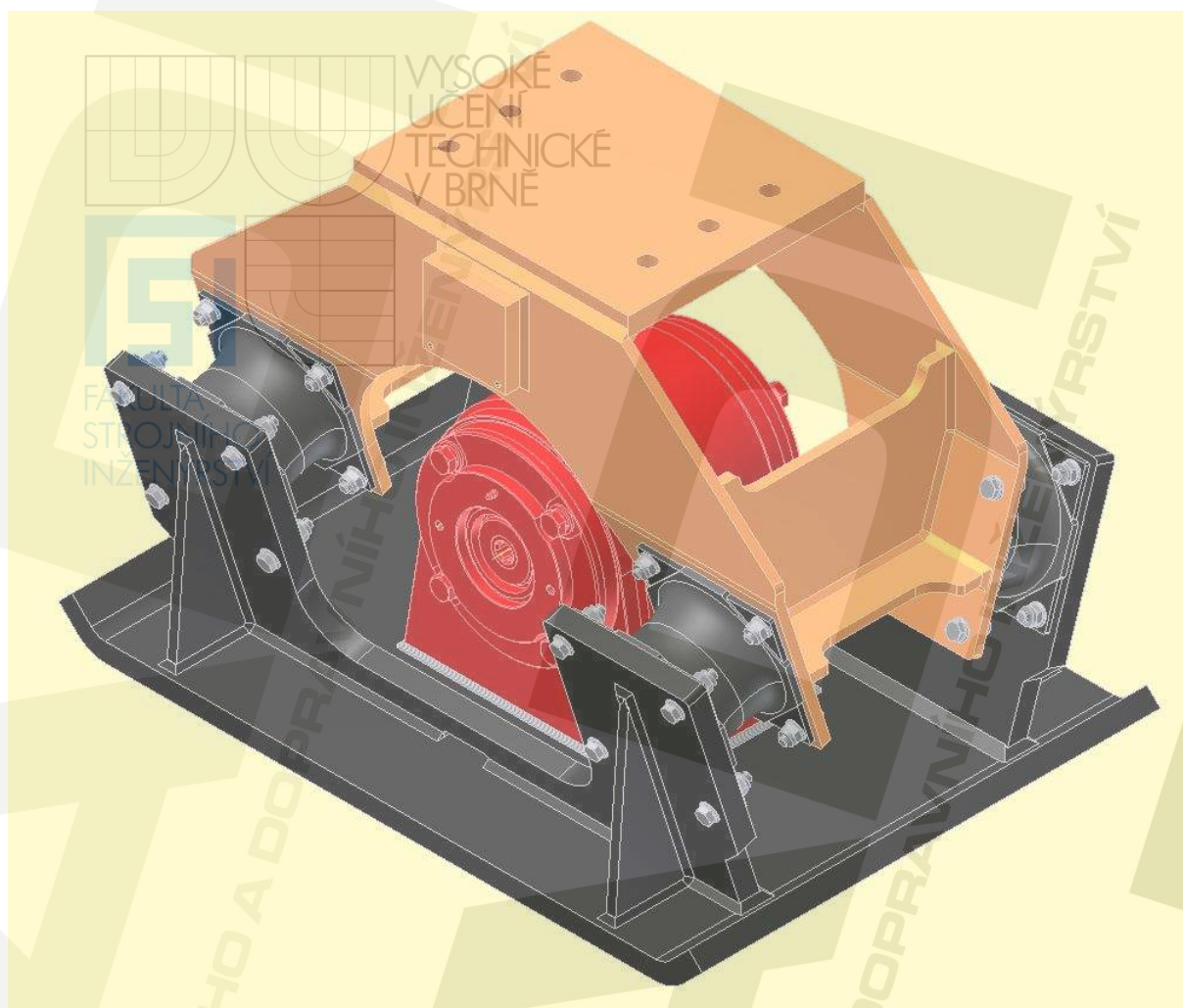




VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

FAKULTA
STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ





Příloha 1 - Tabulka všech modelů vybraných výrobců a jejich parametrů

Výrobce	Typ	Váha nosiče		Váha nosiče max. [kg]	Odsíředivá síla		Odsíředivá síla [kN]	Váha desky		Průtok min.		Průtok max.		Tlak min.		Tlak max.		Otáčky min.		Otáčky max.		Délka aktivní desky [mm]	Šířka aktivní desky [mm]	Plocha aktivní desky [cm^2]
		min. [kg]	max. [kg]		síla [kg]	síla [kg]		[lpm]	[lpm]	[lpm]	[lpm]	[Mpa]	[Mpa]	[rpm]	[rpm]	[Mpa]	[Mpa]	[rpm]	[rpm]					
BTI	TC51-L/FC	907	4535	1361	13	134	27,2	45,4	6,3	19,3	1800	2240	711	318	2261									
	TC51-H/FC	907	4535	1361	13	134	40,4	68	4,8	19,3	1800	2240	711	318	2261									
	TC71	2494	7029	2268	22	277	44,2	61,6	5,7	19,3	1800	2500	800	381	3048									
	TC71/FC	2494	7029	2268	22	277	44,2	83,2	6,3	19,3	1800	2500	800	381	3048									
	TC92	3492	11474	3719	36	512	77,9	95,3	6,7	19,3	1800	2200	886	584	5174									
	TC152-L	6984	21950	7542	74	825	100,9	123,6	11	19,3	1800	2200	1161	711	8255									
	TC152-H	6984	21950	7542	74	858	141,4	172,7	8,2	19,3	1800	2200	1161	711	8255									
	TC301-L	6576	47891	11066	109	975	141,4	172,7	10,2	19,3	1800	2200	1229	864	10619									
	TC301-H	6576	47891	11066	109	977	202,2	246,8	7,4	15,9	1800	2200	1229	864	10619									
	FCP2	800	3000	1000	10	92					2200	2600	440	320	1408									
Furukawa	FCP5	2000	5000	1800	18	136					2200	3000	450	450	2025									
	FCP6	4500	8000	2500	25	178					2200	3000	510	450	2295									
	FCP12	6000	16000	5000	49	356					2100	2600	610	760	4636									
	FCP22	15000	28000	9500	93	600					2200	2500	710	850	6035									
	FCP35	20000	35000	15500	152	710					2400	2900	870	750	6525									
	FCP45	22000	37000	20500	201	785					2400	2900	940	750	7050									
	HP-500	2970	7425	1952	19	233	34	68	13,8	19,3		2000	310	690	2139									
	HP-1000	4455	14851	3960	39	470	45	79	13,8	19,3		2000	610	810	4941									
	HP-1600	9405	22277	7920	78	720		129		15,8	740	2100	810	5994										
	HP-2300	17326	59405	11881	117	1005		178		15,2	860	2100	970	8342										
Hudco	HC-10		3500	1350	13	130		26		15		2100	305	710	2166									
	HC-12	3500	9000	1550	15	160		35		15		2100	305	790	2410									
	HC-15	3500	9000	2200	22	320		51		15		2100	405	915	3706									
	HC-20	5000	10000	3000	29	410		75		15		2000	610	865	5277									
	HC-30	10000	22000	6000	59	725		110		15		2000	740	1050	7770									
	HC-40	22000	45000	9000	88	1180		160		15		2000	865	1200	10380									
	HC-50	22000	45000	9900	97	1180		210		15		2100	865	1200	10380									
	HC-110	1250	5000	1237	12		26	56		10,4		2100	279	584	1629									
	HC-125	2500	6500	1683	17		45	94	11,1	13,9		2100	431	508	2189									
	HC-250	4500	15000	3168	31		45	94	12,5	13,9		2000	584	660	3854									
Indeco	HC-350	6000	20000	3960	39		75	151		13,9		2000	609	762	4641									
	HC-450	8000	27500	5618	55		105	189	12,5	14,9		2000	685	762	5220									
	HC-550	27000	71000	10891	107		151	226	12,5	15,6		2100	812	1066	8656									
	IHC-30	4082	8164	1512,5	15	122		66				2100	298	584	1740									
	IHC-65	4082	8164	2980	29	358		78				2100	584	660	3854									
	IHC-130	7711	21773	6783	67	680		93				2100	597	813	4854									
	IHC-200	20412	45360	10564	104	1134		194				2100	889	940	8357									
	PAC-15	1500	4500	1479	15	115	30	53		15,8	2600	3750	305	533	1626									
	PAC-30	2500	7000	3238	32	345	45	113		15,8	1800	2600	584	787	4596									
	PAC-65	5000	12500	6708	66	440	91	113		16,5	1800	2600	584	889	5192									
Kent	PAC-100	10000	30000	9947	98	680	113	166		15,8	2000	2300	597	1041	6215									
	PAC-180	25000	50000	18506	182	1134	170	208		15,8	1500	2100	889	1118	9939									
	KHP35	1500	5500	1361	13	138		28		13,8		2000	305	660	2013									
	KHP65	4500	14000	2948	29	377		61		13,8		2000	610	864	5270									
	KHP135	10000	28000	6124	60	635		114		13,8		2000	711	1016	7224									
	KHP210	20000	41000	9525	93	989		182		13,8		2000	864	1168	10092									
	C-2D	2000	5500	1600	16	172	42	49	10,5	14		2400	320	635	2032									
	C-4C	4500	11500	3550	35	436	68	83	11,7	15		2100	580	860	4988									
	C-6C	7000	20000	7300	72	778	106	125	12,5	16		2200	740	1020	7548									
	C-8C	14000	34000	11000	108	1056	145	160	14	17		2200	860	1170	10062									
NPK	C-10C	27000	45000	15450	152	1640	150	210	14	17		2200	1020	1320	13464									
	C-12C	35000	63500	20400	200	2030	210	265	14	17		2200	1140	1470	16758									
	RAV350		12000	4000	39	360		54			1800	950	460	4370										
	RAV600		12000	4000	39	380		54			1800	950	600	5700										
	RAV700	7000	25000	6800	67	700		130			2520	1089	740	8059										
	RAV750	7000	25000	8200	80	750		130			1800	1089	740	8059										
	RAV1000	18000	40000	11000	108	1000		130			1800	1226	880	10789										
	HS2500		3000	1150	11	118	45	95		10,5		2100	280	580	1624									
	HS3000	2200	6000	1542	15	168	45	95	11	14		2100	476	508	2418									
	Stanley	HS6000	4000	13500	2902	28	374	83	151	12,7	14		2000	584	660	3854								
HS8000		5400	18000	3630	36	442	106	189		13,8		2000	610	762	4648									
HS11000		7200	25000	5147	50	646	151	227	12,4	14,8		2000	686	762	5227									
HS22000		24500	65000	10000	98	998	124	159	12,4	15,5		2100	813	1067	8675									