

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
FAKULTA STROJNÍ**

Katedra strojů průmyslové dopravy

**Obor: 2302T010**

**Konstrukce strojů a zařízení**

**Zaměření**

**KOLOVÉ DOPRAVNÍ A MANIPULAČNÍ STROJE**

**RECYKLACE VODY V SYSTÉMU MOBILNÍCH  
KOMUNÁLNÍCH NÁSTAVEB NA  
AUTOMOBILOVÝCH NOSIČÍCH**

Libor Kamlar

Vedoucí diplomové práce: Doc. Dr. Ing. Pavel Němeček

Konzultant diplomové práce: Karel Deus – KOBIT s.r.o.

Rozsah práce:

Počet stran : 54

Počet obrázků : 59

Počet tabulek : 2

Počet příloh : 0

Počet výkresů : 2

květen 2006



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
FAKULTA STROJNÍ  
KATEDRA STROJŮ PRŮMYSLOVÉ DOPRAVY

---



Hálkova 6, 461 17 Liberec  
Tel.: +420 485 353 236, fax: +420 485 353 535

## ANOTACE

**JMÉNO A PŘÍJMENÍ:** Libor Kamlar

**OBOR:** Konstrukce strojů a zařízení

**ZAMĚŘENÍ:** Kolové dopravní a manipulační stroje

**NÁZEV PRÁCE:** Recyklace vody v systému mobilních komunálních  
nástaveb na automobilových nosičích

**VEDOUCÍ PRÁCE:** Doc. Dr. Ing. Pavel Němeček

**KONZULTANT:** Karel Deus

Diplomová práce se zabývá recyklací vody v systému mobilních komunálních nástaveb na automobilových nosičích. V první části analyzuje současný stav a možnosti řešení recyklace vody. V další části je proveden návrh okruhu oběhu média. Poslední část práce pojednává o konstrukčním řešení odsávání vody z pozemních komunikací.



Hálkova 6, 461 17 Liberec  
Tel.: +420 485 353 236, fax: +420 485 353 535

## ANNOTATION

**NAME:** Libor Kamlar

**SPECIALIZATION:** Mechanical Engineering

**ALIGNMENT:** Transport and Material Handling Machines

**THEME OF THESIS:** Water Recycling in System of Mobile Communal  
Superstructures on Automobile Chassis

**TUTOR OF THESIS:** Doc. Dr. Ing. Pavel Němeček

**CONSULTANT:** Karel Deus

This Diploma Thesis deals with water recycling in system of mobile communal superstructures on automobile chassis. It analyses the present state of water recycling and possibilities of solution to water recycling in the first part of the thesis. Further, the thesis brings a concept of water circulation. The final part of the thesis deals with structural design of suction of water.

## **PROHLÁŠENÍ K VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ DP**

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo) a § 35 (o nevýdělečných užití díla k vnitřní potřebě školy).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užití své diplomové práce či poskytnout licenci k jinému využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvořená díla (až do jejich skutečné výše).

Datum: 25. 5. 2005

Podpis:

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych rád poděkoval všem členům katedry strojů průmyslové dopravy TU v Liberci, kteří mi svými radami pomáhali při zpracování této práce a také firmě KOBIT s.r.o., která mi vypracování diplomové práce umožnila. Poděkování patří především mému konzultantovi panu Karlovi Deusovi; vedoucímu diplomové práce Doc. Dr. Ing. Pavlu Němečkovi; Prof. Ing. Janu Honců, CSc.; Doc. Ing. Josefovi Cerhovi, CSc. za odbornou pomoc, připomínky a poskytnuté informace.

## Obsah

1. Seznam označení.....	7
2. Úvod.....	8
3. Jednotlivé technologie čištění.....	8
3.1. Čištění sacími vozy.....	8
3.1.1. Podtlakové odsávání polotekutých kalů.....	8
3.1.2. Podtlakové odsávání tekutých kalů.....	9
3.2. Čištění sacími bagry.....	9
3.3. Vysokotlaké čištění.....	10
3.4. Mechanické čištění.....	11
4. Čištění kanalizací a potrubí.....	11
5. Porovnání technických a ekonomických aspektů použití jednotlivých druhů technologí čištění kanalizace.....	12
5.1. Základní odlišnosti kombinované nástavby s recyklací od běžných strojů.....	12
5.2. Způsob nasazení jednotlivých strojů.....	13
5.3. Parametry omezující použitelnost strojů s nízkým výkonem.....	15
6. Popis řešení recyklace vody firem zabývajících se touto problematikou .....	15
6.1. Recyklace italské firmy CAPPELLOTTO S.P.A.....	15
6.2. Recyklace německé firmy WIEDEMANN & REICHHARDT.....	19
6.3. Recyklace italské firmy JUROP.....	24
6.4. Recyklace německé firmy MÜLLER Umwelttechnik.....	26
6.5. Recyklace lichtenštejnské firmy KAISER.....	28
7. Návrh systému a oběhu média.....	33
7.1. Využití v práci při čištění technologických vpustí vozovek.....	33
7.1.1. Vlastní okruh oběhu média.....	33
7.1.2. Hlavní komponenty oběhu média.....	34
7.1.3. Vybavení a příslušenství kombinované nástavby .....	41
7.1.4. Schéma oběhu média.....	45
7.1.5. Hydraulické schéma.....	46
7.2. Využití v práci při čištění povrchů komunikací.....	47
7.2.1. Návrh odsávání.....	48
7.2.2. Řešení úniku vody.....	52

8. Závěr a zhodnocení .....	53
Přehled použité literatury .....	54

- Výkres sestavy odsávání
- Montážní výkres
- CD - doprovodná data a text DP

## 1. Seznam označení

Zkratky:	DP.....	diplomová práce
	ČOV .....	čistička odpadních vod
	DN.....	jmenovitá světlost
	tzv. ....	tak zvaný(á,é,í)
	cca.....	přibližně
	fy.....	firmy
	obr. ....	obrázek

Veličiny a jejich jednotky:

Platí pokud v textu není uvedeno jinak.

Tlak.....	[MPa]
Průtok vody.....	[l . min <sup>-1</sup> ]
Průtok vzduchu.....	[m <sup>3</sup> . h <sup>-1</sup> ]
Úhel.....	[°]
Délka.....	[m]
Příkon.....	[kW]
Otáčky.....	[min <sup>-1</sup> ]
Hmotnost.....	[kg]
Filtrační schopnost.....	[μm]
Hladina akustického tlaku.....	[dB]
Geometrický objem.....	[cm <sup>3</sup> ]
Spotřeba oleje.....	[g . h <sup>-1</sup> ]
Rychlost.....	[m . s <sup>-1</sup> ]

## **2. Úvod**

V dnešní době je odtoková kanalizace a odpadní potrubí předmětem pravidelné údržby a inspekčních kontrol. Bez moderních metod vysokotlakých čištění, pravidelné údržby a monitorování kanalizací se nezajistí optimální provozování těchto inženýrských sítí.

Užitková voda je drahá – příliš drahá pro čištění kanalizace. Tato skutečnost nabádá k vývinu recyklace vody.

Řešením je navrhovaná konstrukce vozidla jako kombinace sacího a čistícího vozu s vodním recyklačním systémem. Tyto tuhé konstrukce jsou zpravidla postaveny na dvou, tří, případně čtyřnápravových podvozcích různých velikostí a provedení. Liší se v jejich robustnosti, použité technologii, podle jejich obsluhy a údržby. Nepřetržitě pracující recyklační systém má množství čistících etap a může být přizpůsobený na vozidlo s konvenční technologií.

Při odborném zacházení a uvážlivém uplatňování uvedených technických zařízení a technologických postupů, lze počítat s tím, že nám kanalizační systém bude fungovat správně a bez havarijních událostí.

## **3. Jednotlivé technologie čištění**

Čištění jednotlivých druhů technologií je prováděno celou škálou strojů. Uvádím zde základní technické informace o stroji a naznačuji jeho typické nasazení.

### **3.1. Čištění sacími vozy**

Podtlakové sání je základním druhem sání všech běžných automobilových cisteren. S rostoucí složitostí podmínek (zejména hloubkou sání a konzistencí kalu) je omezována možnost použití této metody k manipulaci materiálu. Zatímco tekuté kaly a vodné materiály lze sát poměrně bez problémů. Sání polotekutých kalů spolu s rostoucí hloubkou či vzdáleností čištěné jámy zpravidla však může být již problematické a neefektivní.

#### **3.1.1. Podtlakové odsávání polotekutých kalů**

Podtlakové odsávání polotekutých kalů klade zvýšené nároky na sací výkon cisternového vozu. Jedná se zejména o odsávání kalů z myček aut, průmyslových ČOV, dešťových usazovacích jámek. Tyto kaly se vyznačují zvýšenou měrnou hmotností či



lepivostí v důsledku významného podílu pevné fáze (např. písku či štěrku) či přítomnosti ropných látek. Pro tuto práci jsou ještě dnes často nasazovány cisternové vozy nejnižší výkonové kategorie; pro možnost nasátí je však nutné ředění vodou, které se projeví nejen významným zvýšením přepravních nákladů, ale zejména nákladů na odstranění odpadu. Podíl pevných nečistot vyžaduje pro efektivní provedení služby použití strojů s odklopným zadním víkem pro snadnou vykládku a dočištění cisterny. Vykládku dále značně urychlí sklopná cisternová nástavba či vytlačovací píst.

Obecně nároky na výkon vývěvy rostou se vzrůstající sací vzdáleností, hloubkou sání a hustotou nasávaného kalu. Při překročení kritické kombinace parametrů vzdálenosti, hloubky sání a hustoty kalu je možnost podtlakového sání značně omezena až vyloučena. V takových případech je nasazován stroj s pneumatickou technologií sání - vakuový vysavač - sací bagr.

### **3.1.2. Podtlakové odsávání tekutých kalů**

Podtlakové odsávání tekutých kalů je nejběžnějším a nejčastějším druhem práce běžných cisternových vozů. Jedná se o čištění septiků, žump a jímek s převážně organickými kaly či tekutinami. Pro tuto práci je možné nasazení cisternových vozů již od nejnižších výkonů vývěv. I tekuté kaly však v sobě mají určitý podíl pevných nečistot, proto je vždy lépe použít strojů s odklopným zadním víkem pro snadné dočištění cisterny, a to zejména v případech sání rychle sedimentujících kalů, či v případech dopravy na dlouhou vzdálenost.

### **3.2. Čištění sacími bagry**

V oblasti specializovaných těžebních technologií (zejména pro těžbu pod vodou či nerypných kalů) je v současné době k dispozici technologie sacího bagru. Pod označením „sací bagr“ se však skrývají dvě naprosto odlišné těžební technologie. První technologií je tzv. **plovoucí sací bagr**, který vyzvedává kal ze dna nádrží či vodotečí a jeho transport ze dna do přilehlého místa je prováděn v tzv. hydrosměsi. Transportním médiem je v tomto případě voda. Vyzdvižený kal je takto několikanásobně zředěn. Hydrosměs je kontinuálně čerpána do přilehlého místa s dostatečnou kapacitou, kde postupně (dle charakteru kalu i pomalu) probíhá jeho vysychání.

**Silniční sací bagr** je největší velikostí průmyslového vysavače se sacím výkonem nad  $7000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Svým vzhledem se stroj podobá jiným cisternovým sacím vozům s vývěvovým systémem saní, liší se však, až řádově, vyšším výkonem sání.

Zdrojem sací síly sacích bagrů je dmychadlový systém – nikoli vývěvový systém. Technologie sání je dvojitá – buď *podtlaková* – tedy stejná jako u běžných sacích vozů – či *pneumatická*. Pneumatická technologie je využita pro sání z extrémních vzdáleností či hloubek nad 10 metrů či k sání sypkých a prašných materiálů. Dále je používána tam, kde není žádoucí snižování sušiny kalu při procesu jeho vyzvedávání z místa vzniku. Manipulace je prováděna tak, že je do sacího nástavce nasáván vzduch a ten s sebou strhává materiál, který se nachází v jeho blízkosti. Tento pneumatický efekt lze částečně dosáhnout i pomocí strojů nižších výkonů (výkony od  $3000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  do  $5000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ). Pracovní výkon stroje se však úměrně snižuje s poklesem jeho výkonu. Procentuální podíl sedimentu v poměru k proudícímu vzduchu u silničního sacího bagru je dle podmínek v řádu jednotek procent. Teoretická rychlost v potrubí (hadicích) sacího bagru DN 100 je  $800 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (v praxi je hodnota o několik desítek procent nižší). Takto je silniční sací bagr schopen unášet prakticky jakýkoli materiál o zrnitosti do 80% světlosti hadic (používají se až DN 200). Materiál může být tekutý, polotekutý, sypký i prašný. Omezujícím kritériem je nadměrná lepivost nasávaného materiálu. Jelikož je transportním médiem sedimentu vzduch, není potřeba jeho ředění vodou. To je zásadní rozdíl od plovoucích sacích bagrů a cisternových vozů s vývěvovými systémy. Silniční sací bagry navíc mohou zároveň zajišťovat čistou přepravu sedimentu v kapacitních cisternových nástavbách, a to i do odlehlých míst uložení. Existuje též možnost kontinuální vykládky do přepravních jednotek (např. upravených kontejnerů). Plovoucí sací bagry nemají jinou možnost než průběžně vykládat kal v přilehlém okolí těžby (řádově stovky metrů).

### **3.3. Vysokotlaké čištění**

Čištění ploch tlakovou vodou je jednou z plánovaných (obvykle odstávkových) činností při údržbě technologií. Dále je též využito k odstraňování nečistot či nebezpečných látek z povrchu nádrží a různých jímek, které jsou součástí skladů, záchytných jímek či odlučovačů ropných látek.



*Obr. 1 Čištění potrubí vysokotlakou tryskou*

Další technologií čištění je odstraňování prашných materiálů z povrchu technologie, podlah, stěn a konstrukcí pomocí malého průmyslového vysavače. Jeho konstrukce umožňuje nepřetržitý provoz, jeho rozměry umožňují použití i v méně přístupných místech.

### **3.4. Mechanické čištění**

Mechanické čištění je stále hojně využíváno při realizaci čistících prací. Z důvodu tlaku na zkrácení provozních odstávek je stále více vytlačováno strojním čištěním. Mimoto může být navíc strojní čištění i cenově výhodnější. Mechanické čištění je používáno jako doprovodný prvek čištění strojního – obvykle se jedná o přibližování nasávaného materiálu k sací hubici, či o dočištění velkých ploch. Čistě mechanické čištění je použito v případech, kdy je jednoznačně pro provedení práce v rámci požadavků nejvýhodnější.

## **4. Čištění kanalizací a potrubí**

Hydročištění kanalizací a potrubí je základním údržbovým krokem těchto inženýrských sítí. V ČR jsou do tohoto druhu údržby vkládány stále pouze omezené prostředky. Takto dochází k nežádoucím havarijním stavům při provozování těchto sítí. Zanedbání údržby může vést až k významnému zkrácení životnosti potrubí. Odstraňování kalu z potrubí a odstraňování vad pak vyžaduje významné investiční prostředky. Alternativním řešením je komplexní přístup k provozování a údržbě potrubí, kterým můžeme dospět nejen k standardní funkci potrubí, ale i k cílovému snížení nákladů na jeho provoz.

Nutnost čištění kanalizačních systémů se projeví zejména v okamžiku, kdy nastane nějaká havarijní událost – nadměrné srážky, sesuv zemin, komunikací, znečištění podzemních nebo povrchových vod a podobné nepříjemné události. Pro opravdu kvalitní,

rychlé a ekonomicky efektivní čištění kanalizačního systému lze použít technicky velmi propracované zařízení, které tlakovou vodou přihrnuje usazeniny (všeho druhu) do vstupní respektive čistící šachty a zde ho zároveň odsává do cisterny. V cisterně je nasávaná směs vody, kalu, kamení a všeho ostatního oddělena a využitelná voda je po vyčištění ihned dodávána do tlakového čerpadla k dalšímu použití jako zdroj čistící energie. Tento systém umožňuje čistit kanalizaci a také jí zbavovat usazenin najednou, říkáme mu proto těžba usazenin.

## **5. Porovnání technických a ekonomických aspektů použití jednotlivých druhů technologií čištění kanalizace:**

### **5.1. Základní odlišnosti kombinované nástavby s recyklací od běžných strojů**

Kombinovaná nástavba zahrnuje 2 stroje - čistící a sací vůz.

Nástavba umožňuje současnou dodávku technologické vody pro čištění a zároveň odsává vzniklý odpad, ze kterého si průběžně recykluje vodu pro opětné použití. Bez použití odsávání je odpad pouze dále posunut v kanalizačním řádu, čímž sice dojde k lokálnímu zprůchodnění kanalizace, ale kanalizace se brzy zaplní v novém či stejném místě. Čištění bez odsávání zpravidla vynucuje další zásah v krátkém časovém horizontu a tím celou službu prodražuje a tak dochází k neefektivnímu vynakládání finančních prostředků. Čištění bez odsávání je použitelné pouze na havarijní odstranění lokálního 100% zanesení kanalizace, následně je však nutné identifikovat příčinu problému, kterou je vhodné v co nejkratším horizontu odstranit.

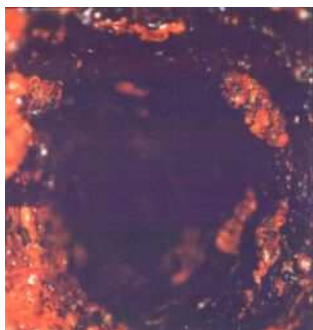
Recyklace vody umožňuje:

- a) Významně příznivější poměr času, který hydročistič stráví skutečným čištěním kanalizace a vynucenými technologickými přestávkami nutnými pro načerpání technologické vody pro čištění.
- b) Snížení měrné ceny za dopravu odpadů jeho částečným zahuštěním.
- c) V případě čištění kanalizací zanesených nebezpečným odpadem zabrání nadměrnému vzniku odpadu (voda je použita pro čištění několikrát) - tak může být zneškodnění odpadu zlevněno až několikanásobně.

## 5.2. Způsob nasazení jednotlivých strojů:

- a) Souprava se zásobou vody + hydročistič. Slouží pro havarijní odstranění lokálního 100% zanesení – posunutí kalu.
- b) Souprava se zásobou vody + hydročistič + sací vůz na odpad. Slouží pro čištění malých průměrů kanalizací s odsáváním kalu. Tato sestava je alternativou kombi vozu pro malé průměry kanalizací, technologicky odpovídá kombinovanému vozu *bez recyklace vody*. Po využití technologické čistící vody je nutno doplnit novou a odvézt „řidký kal“ ke zneškodnění. Tato aplikace způsobuje zvýšené měrné dopravní náklady, zvýšení ceny za zneškodnění odpadu vlivem nařazení, omezení skládkování z důvodu tekutosti odpadu.
- c) Kombinovaný vůz s recyklací vody (kombi vůz). Slouží pro čištění kanalizací s odsáváním kalu a *s recyklací vody*.

- Výhody:
- úspora poplatků za přistavení stroje - pouze 1 stroj
  - výrazně vyšší efektivita čištění z důvodu vysokých výkonů stroje
  - výrazně lepší poměr (cca trojnásobek až pětinasobek) doby vlastního čištění k době technologických přestávek - odběr technologické vody, odvoz odpadu ke zneškodnění - zpravidla 1 - 2x za 24 hodin čištění
  - úspora přepravních nákladů a nákladů na zneškodnění odpadu částečným zahuštěním kalu (zvláště při čištění kanalizací zanesených nebezpečným odpadem)
  - schopnost pracovat také s velmi vysokým stupněm znečištění



**Obr. 2** Zanesené potrubí s inkrustací



**Obr. 3** Vyčištěné potrubí

- těžba je kontinuální což zvyšuje pracovní délku vyčištěné kanalizace

- zabránění nadměrnému vzniku odpadu vlivem jeho ředění - použitím jedné vody v několika čistících cyklech (recyklace vody)



**Obr. 4** *Zhuštěný řídký kal*

- nízká spotřeba energie

d) Tlakový vůz ve spolupráci se sacím bagrem. Těžbu kalu z kanalizace nad DN 500 mm je nutné provádět dostatečným výkonem, neboť je nutné sediment nejen vyzdvihnout z rostlého stavu do vznosu, ale i doplavit k místu odsávání. Toto je dosažitelné pouze dostatečným množstvím vody, které sediment udrží ve vznosu až k místu odsávání. Nutnost vysokého výkonu se zvyšuje s rostoucí měrnou hmotností sedimentu. Stejnou činnost lze provádět i stroji s nižším výkonem, kal je ale přemísťován k místu odsávání pouze po malých úsecích a čištění se časově (a finančně) významně prodlužuje. Čištění nižším výkonem za provozu kanalizace při významném průtoku odpadních vod je v podstatě vyloučeno. Pro průměry nad DN 600 mm je nejefektivnější a tedy cenově nejvýhodnější nasazení výkonného tlakového vozu ve spolupráci se sacím bagrem.

Porovnáním hodinových sazeb v bodu 2 a 3 je hodinová sazba „klasické sestavy“ s odsáváním cca poloviční. Jestliže však zohledníme cca 3x větší výkon stroje, cca 3x lepší poměr doby vlastního čištění k technologickým přestávkám při současném snížení měrné ceny za dopravu a zneškodnění odpadu je ve výsledku použití hydročističe s recyklací vody cenově výrazně výhodnější. Nasazení „klasické“ sestavy může být cenově srovnatelné pouze pro menší průměry kanalizací (do DN 300 mm), pro průměry 400 až 600 mm a vyšší znečištění je výhodnost nasazení hydročističe s recyklací vody zcela evidentní.

### **5.3. Parametry omezující použitelnost strojů s nízkým výkonem:**

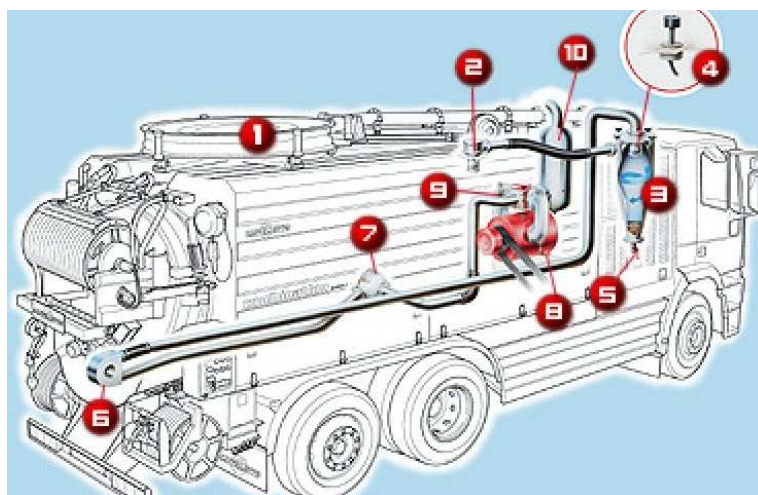
- vysoký průtok vody
- hloubka uložení kanalizace
- nestandardní vzdálenost vpustí (nad 50 metrů)
- přístup pouze z horní strany – nutnost čištění do protispádu
- vysoká měrná hmotnost sedimentu v kanalizaci
- vysoké znečištění kanalizace
- inkrustace (potažení minerálním kamenem), přítomnost kořenů apod.

## **6. Popis řešení recyklace vody firem zabývajících se touto problematikou**

Technika svou konstrukcí pochází z USA a ze států Evropské unie, je ve spojení s kvalitní obsluhou tak efektivní, že i když se v nákladech na provoz promítají relativně vysoké pořizovací náklady, je cenově plně konkurenceschopná i v prostředí České republiky. V ČR, ale zatím recyklace vody přímo na komunálním vozidle není příliš rozšířená. V následné části analyzuji současné řešení některých předních evropských firem v oboru komunální techniky. Vycházím zde z technických podkladů firem jakož i jejich patentů a informací uveřejněných na internetových stránkách (viz seznam internetových stránek).

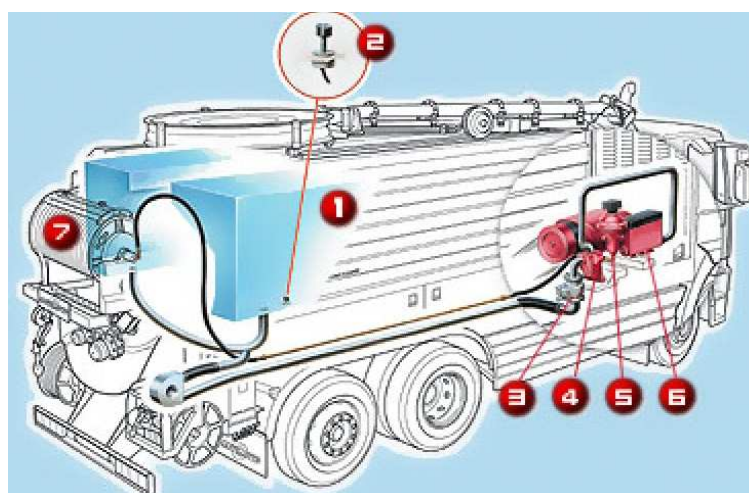
### **6.1. Recyklace italské firmy CAPPELLOTTO S.P.A.**

Firma Cappellotto používá systém na recyklaci vody pod obchodním označením *Cap-recy*. Recyklační systém odděluje kaly a vodu díky speciálním filtrům a zbavuje vodu těžších i lehčích materiálů. Voda je tak upravována pro opětovné použití ve vysokotlakém čerpadle.



**Obr. 5** Vícestupňový sací filtrační okruh

- 1 – Hydraulicky ovládaný výložník s vysoce výkonným sacím navijákem (do 50 m).
- 2 – Kulový uzavírací ventil odpadní nádrže z nerezové oceli.
- 3 – Vysoko objemový odstředivý cyklón pro těžké a prašné prostředí.
- 4 – Elektrické bezpečnostní zařízení, které automaticky vypne vývěvu jakmile jsou zjištěny nečistoty případně tvoří-li se pěna ve vstupní větvi vývěvy.
- 5 – Dodatečný kulový uzavírací ventil z nerezové oceli.
- 6 – Kloubové spojení, které je stále pod tlakem i když je nádrž nakloněna při vykládce.
- 7 – Vakuový filtr z nerezové oceli (pro zbylé částičky nečistot).
- 8 – Rotační lamelová vývěva (kapalinou nebo vzduchem chlazená).
- 9 – Pneumatický čtyřcestný ventil k vyrovnání tlaku v nádrži.
- 10 – Výfukový tlumič ke snížení hluku.



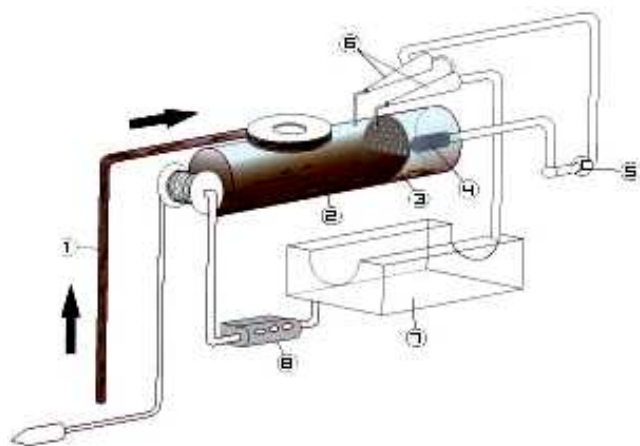
**Obr. 6** Vysokotlaký vodní okruh



- 1 – Vnější vodní nádrže z nerezové oceli rovnoměrně rozkládající hmotnost na nápravy.
- 2 – Bezpečnostní zařízení hlídající výšku vodní hladiny – vypnutím čerpadla předejde tomu, aby čerpadlo pracovalo bez vody.
- 3 – Vodní filtr z nerezové oceli.
- 4 – Pomocné čerpadlo k optimalizaci vodního tlaku a průtoku do vysokotlakého čerpadla.
- 5 – Tříplunžrové vysokotlaké čerpadlo.
- 6 – Pneumatický regulátor tlaku vody.
- 7 – Hydraulicky ovládaný naviják s automatickým navíjením.

### Popis funkce:

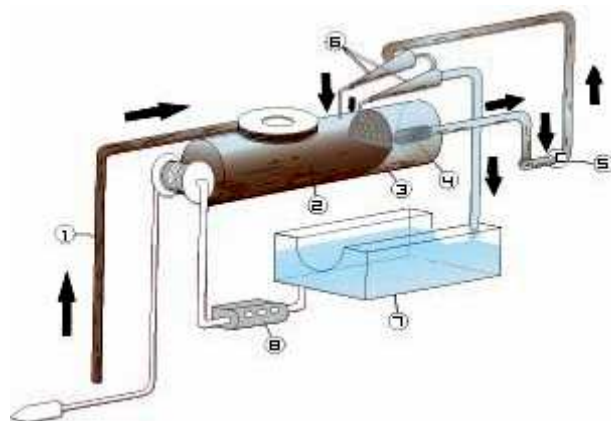
#### 1. fáze



*Obr. 7 1. fáze recyklace vody fy Cappellotto*

Voda a kal jsou odsávány z kanalizačního potrubí pomocí sacího ramena (1) do kalové nádrže (2). Zde začíná první oddělení mezi kaly a znečištěnou vodou přes děrovanou stěnu (3).

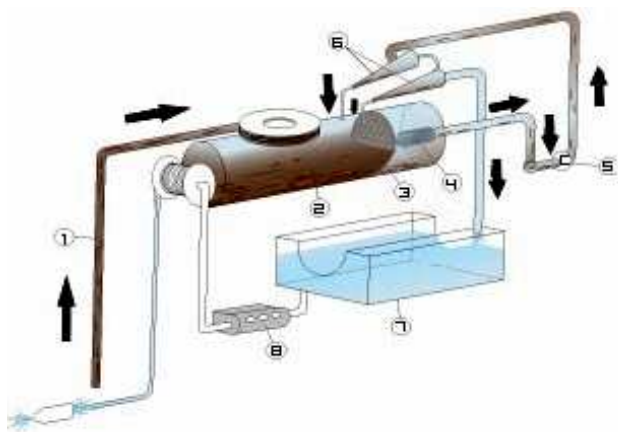
#### 2. fáze



*Obr. 8 2. fáze recyklace vody fy Cappellotto*

Znečištěná voda je čerpána skrz samočisticí filtr (4) odstředivým čerpadlem (5) do cyklónů (6). Zde nastává další odloučení lehkých a těžkých částic z vody, která potom proudí do nádrže na vodu (7).

### 3. fáze



Vysokotlaké čerpadlo (8) nasává z nádrže (7) vodu potřebnou pro čištění kanalizačního potrubí. Nízká rychlost toku vody ve vodní nádrži (7) dovolí ještě usazování těch nejmenších částic.

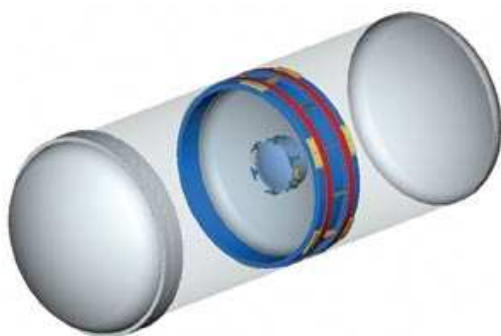
*Obr. 9 3. fáze recyklace vody fy Cappellotto*

Mechanický řízený přenos točivého momentu od motoru je uskutečněn pomocí řemenu. Rozdělení momentu pneumatickou spojkou umožní použití vysokotlakého čerpadla a vývěvy zcela nezávisle na sobě.



*Obr. 10 Řemenový přenos točivého momentu*

### Nádrž čistící jednotky:



*Obr. 11 Nádrž s pohyblivou vnitřní stěnou*

Nové provedení pohyblivé vnitřní stěny umožňuje plnění nádrže vodou a kaly pro různé polohy stěny. Pohyb stěny je realizován přetlakem nebo podtlakem v jednotlivých odděleních. Stěna je také využívána pro vykládku odpadu. Nádrž se nakloní a působením tlaku na píst se odpady vytlačí.

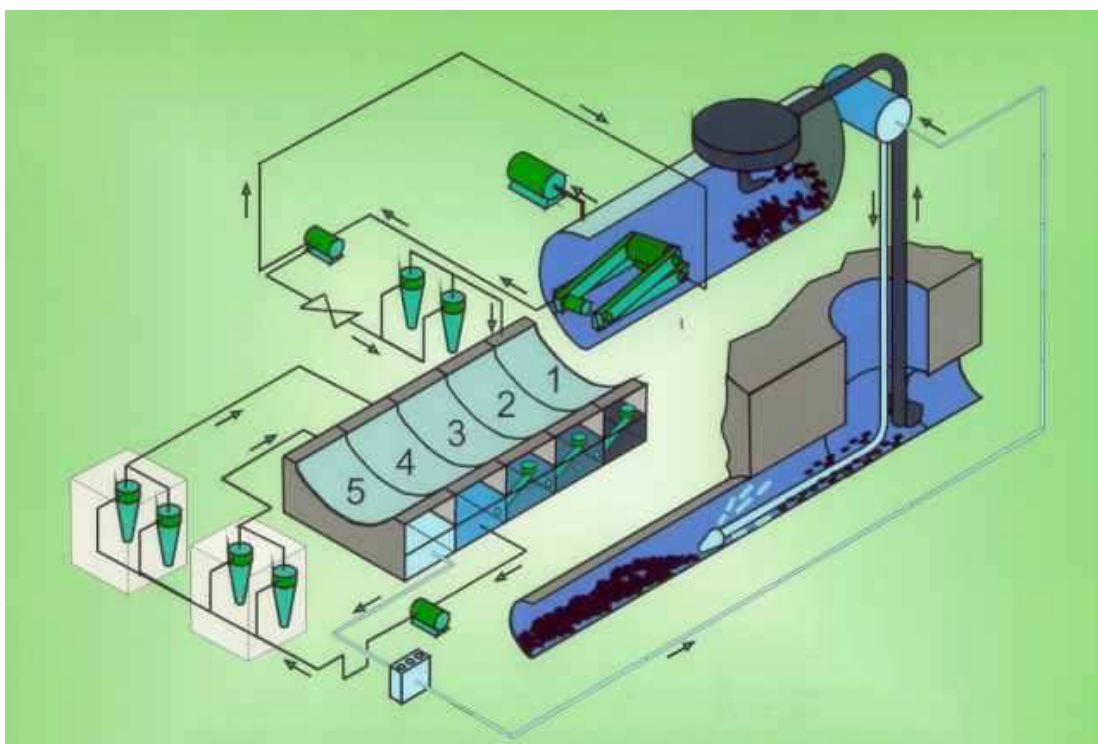
Parametry a prvky stěny:

- průměr pohyblivé stěny je jako průměr nádrže
- zařízení s dvojitou těsnící manžetou plněnou tlakovým vzduchem
- vysoce odolné posuvné bloky z polyethylenu
- hydraulické nebo ruční zajištění stěny pomocí klínků v dané poloze

**Výhody recyklace vody firmy Cappellotto:**

- redukce opětovného plnění čisté vody
- menší spotřeba vody a více odpadu v kalové nádrži
- možnost práce i bez zastavení vedlejších kanalizačních řadů
- schopnost práce i s vysokým stupněm znečištění kanalizace
- žádné prostoje při čištění kanalizace
- vícestupňový filtrační systém
- ochrana vysokotlakého čerpadla
- plně automatické čištění stroje

## 6.2. Recyklace německé firmy WIEDEMANN & REICHHARDT



**Obr. 12** Recyklace vody fy Wiedemann & Reichardt

### **Popis oběhu** (viz. obr. 12):

Recyklační systém firmy Wiedemann & Reichardt je plně automatický a nepřetržitý. Skládá se z osmi čistících kroků.

Samočisticí filtr během sání nepřetržitě odděluje hrubé nečistoty z odpadní vody. Povrch filtru je čištěn tlakem 0,5 MPa. Další možnost čištění filtru je během vykládky vysokotlakým čerpadlem tlakem 2 MPa. Vysokotlaké čerpadlo je zde instalováno v kalové cisterně.

Voda je odsávána jen z vodní hladiny a dodávána dopravním rotačním čerpadlem ke složené soustavě cyklonů. Zde nastává 1. čistící krok. Část předběžně čištěné vody je použita pro čištění filtru, zbývající část proudí do oddělení číslo 1 ze čtyř velkých sedimentačních komor v oddělené vodní nádrži. Sedimentační oblast je velká přibližně 8 m<sup>2</sup>, to závisí na velikosti cisterny.

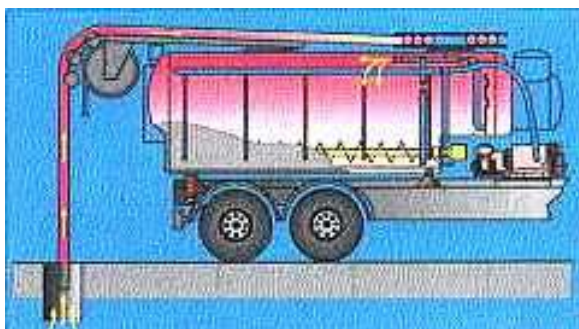
Optimální klesání pevných látek je fyzicky realizováno ve velké sedimentační komoře ve vodní nádrži, kde je zaručeno maximální odlučování.

Čištěná voda je odsávána z vodní hladiny (přes přepadové potrubí) a dodávána do následujících oddělení od prvního do čtvrtého. Zde se realizuje čtyřnásobná separace (to je 2. až 5. čistící krok). Potom je druhým dopravním rotačním čerpadlem dodávána do dalších cyklonů. Cyklóny čistí kolem 1200 l . min<sup>-1</sup>, ale jen 400 l . min<sup>-1</sup> je potřebné pro vysokotlaké čerpadlo. V této soustavě cyklonů se realizuje následné trojnásobné čištění (to je 6. až 8. čistící krok) před dosažením oddělení číslo 5. Odsud voda proudí do vysokotlakého čerpadla.

### **Separační systém:**

Stává se z jednotlivých pracovních stupňů:

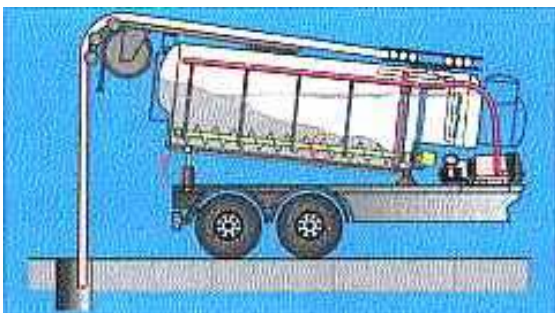
Sací proces



Sání odpadní vody z kanalizačního potrubí.

**Obr. 13** Sací proces

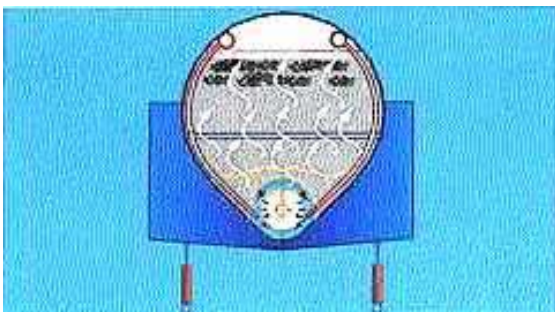
## Čerpání odpadní vody



**Obr. 14** Čerpání odpadní vody ven z nádrže

Mírným naklopením kalové nádrže je voda soustředěna v přední části nádrže a odtud se potom vrací do kanalizace k dalšímu čištění.

## Odloučení materiálu



**Obr. 15** Odloučení organického materiálu z nerostného flotací

Nastává zde rozrušování užitečných nerostů mokrou cestou.

## Odvodnění zbývajících materiálů



**Obr. 16** Odvodnění zbývajících nerostných materiálů uvnitř kalové nádrže

## Vyprazdňování:

Firma Wiedemann & Reichhardt používá tři způsoby vykládky odpadu:



a) Pomocí hydraulického pístu



*Obr. 17 Vykládka odpadu pomocí hydraulického pístu*

b) Pomocí šroubového dopravníku



*Obr. 18 Vykládka odpadu pomocí šroubového dopravníku*

c) Sklopením nádrže



*Obr. 19 Vykládka odpadu sklopením nádrže*

Výhody:

- píst se může přesunout až na konec nádrže, tím se zajistí úplné vyprázdnění
- díky plynulému pohybu pístu je umožněno pružné dělení kalové nádrže
- konstantním pohybem pístu je zaručena nejvyšší bezpečnost práce

Nevýhody:

- vyšší pořizovací náklady

Šroubový dopravník je instalován v nádrži a prochází zadním čelem ven.

Výhody:

- vyšší bezpečnost práce při vykládce než při sklápění cisterny
- přesnější uložení odpadu

Nevýhody:

- delší doba vykládky
- vyšší pořizovací náklady

Nádrž se sklopí na 45°.

Výhody:

- nejjednodušší a nejlevnější technologie

Nevýhody:

- vlivem zhuštěného kalu nemusí vždy dojít k úplné vykládce jako u vytlačení pístem

### Sací naviják:



*Obr. 20 Horizontálně uložený sací naviják*

Sací naviják je zde použit místo trubkové konzoly. Je horizontálně umístěn na kalové nádrži. Nejkratší délka sací hadice je 20 m a maximální 30 m. Jejich jmenovitý průměr je 100 mm.

Sací hadice je spouštěna do kanalizace výkyvným ramenem (sacím výložníkem). Sací výložník je otočný o 180° a výsuvný na 1200 mm.

### Sací čerpadlo:

Firma Wiedemann & Reichhardt používá vlastní sací kapalinové čerpadla KW 3000 a KW 4000, zvláště konstruované pro použití na vozidle.



*Obr. 21 Sací čerpadlo KW4000*

*Tab. 1 Parametry sacího čerpadla Wiedemann & Reichhardt*

Veličina čerpadla	KW 3000	KW 4000
Volný průtok vzduchu	3 000 m <sup>3</sup> . h <sup>-1</sup>	4 000 m <sup>3</sup> . h <sup>-1</sup>
Příkon	75 kW	90 kW
Otáčky	900 min <sup>-1</sup>	900 min <sup>-1</sup>
Hmotnost	cca. 500 kg	cca. 550 kg

Výhody čerpadla:

- vysoký výkon
- kompaktní konstrukce – čerpadlo není náročné na prostor
- ocelová konstrukce o nízké hmotnosti
- tichý chod

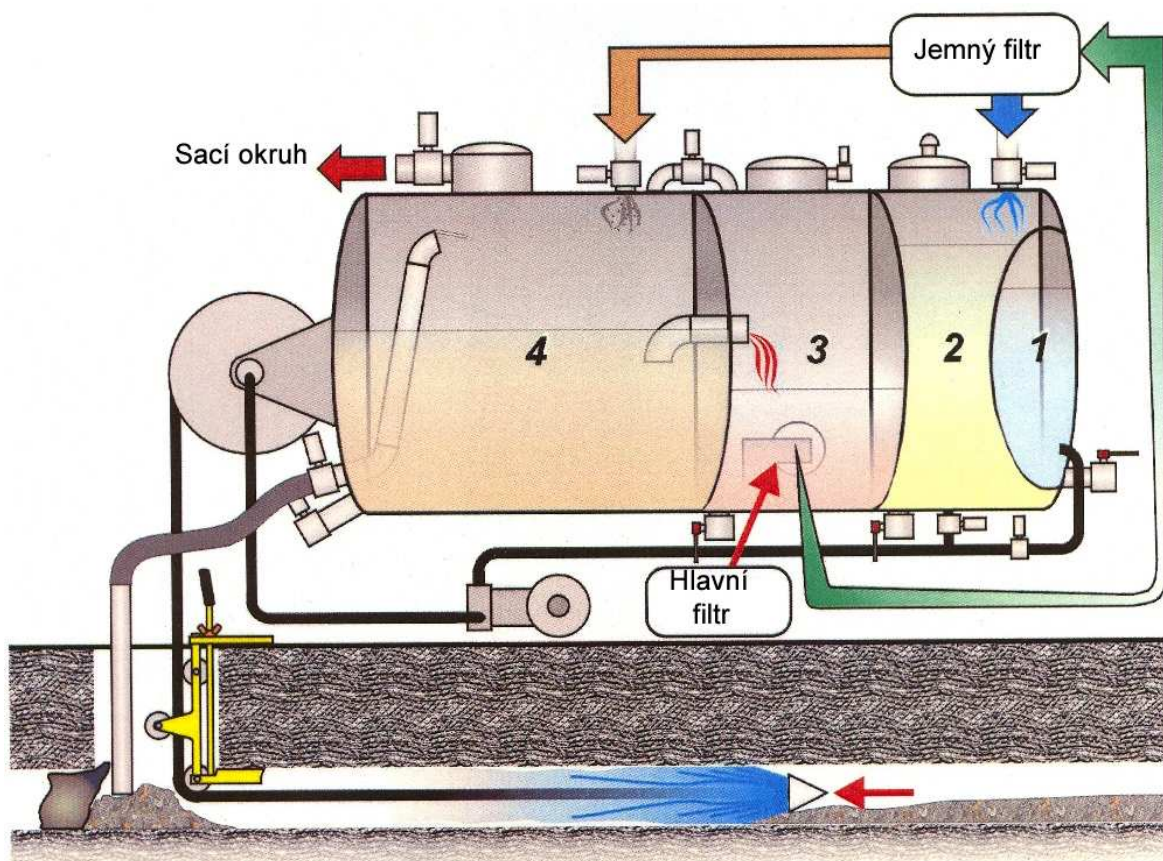
### Výhody recyklace vody fy Wiedemann & Reichhardt:

- dobrá filtrační schopnost => vysoká kvalita vody
- víceetapňový filtrační systém

### Nevýhody recyklace vody fy Wiedemann & Reichhardt:

- velmi složitý systém se soustavou cyklonů
- vysoké pořizovací náklady
- vysokotlaké čerpadlo je instalováno v kalové komoře => méně místa pro odpad
- nutná větší údržba
- větší riziko vzniku poruch

### 6.3. Recyklace italské firmy JUROP



Obr. 21 Recyklace vody fy Jurop

### Pracovní popis:

Znečištěná voda nasátá uvnitř cisterny je nejprve zpracovávána hlavním filtrem. Ten odděluje pevné částice z vody o velikosti až do 700  $\mu\text{m}$ . Následně je tato filtrovaná voda



přepravena do jemného filtru – cyklónu. Zde nastává další zpracování, a to filtrace až do velikosti částec nečistot 40  $\mu\text{m}$ . Neodfiltrovaná část proudí z cyklónu zpět do kalové komory.

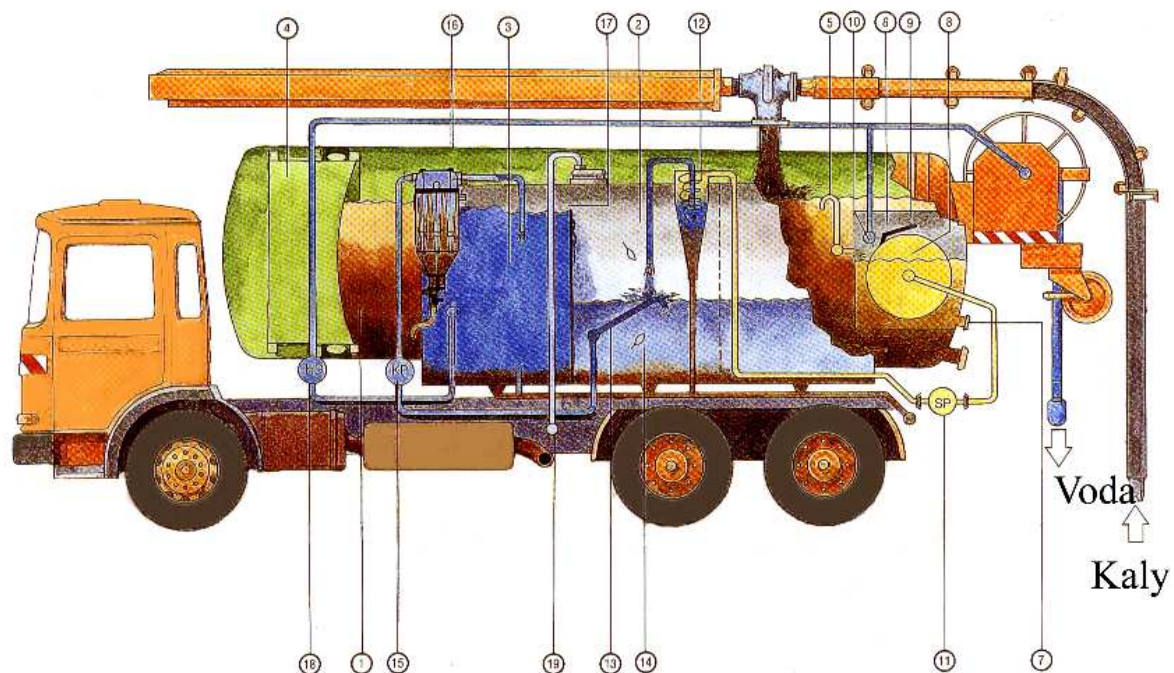
Cisterna je rozdělena do čtyř oddělení (viz. obr. 21):

- 1 – Oddělení pro čistou vodu: používá se při spouštění systému a pro čisticí operaci filtrů.
- 2 – Oddělení pro recyklovanou vodu: běžně používané při čištění kanalizačních řadů.
- 3 – Oddělení hlavního filtru (hrubý rotační filtr).
- 4 – Kalové oddělení: slouží jako sedimentační komora těžkých částic. Zde se odpad usazuje a je zde přepravován ke zneškodnění.

### **Hlavní výhody:**

- Nepřerušované filtrování bez ztráty výkonu pomocí série dvou filtrů různých funkcí a velikostí.
- Snadná práce, žádné ucpávání filtrů, každý filtr je konstruován kompletně s vysokotlakým pracím systémem s programovacími čistícími cykly.
- Filtrační schopnost systému zachytit částičky velikosti až 40  $\mu\text{m}$ .
- Nízké opotřebenání vysokotlakého čerpadla. Dvojitý filtrační systém zaručuje bezpečnou funkci čerpadla.
- Žádné filtry nebo složité zařízení, které by bylo instalováno uvnitř kalové cisterny. Systém automaticky zprostředkuje nasátí vody přímo do určitého oddělení nádrže.
- Nízké pracovní náklady díky nepřetržité vodní úpravě. Obsluha nepotřebuje doplňovat čistou vodu, tím se šetří čas a náklady na palivo.

#### 6.4. Recyklace německé firmy MÜLLER Umwelttechnik



**Obr. 22** Recyklace vody fy MÜLLER Umwelttechnik

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| 1 – Kalová cisterna                      | 10 – Vodní sprška                 |
| 2 – Sedimentační komora                  | 11 – Šnekové sací čerpadlo        |
| 3 – Vodní zásobník                       | 12 – Jemný filtr                  |
| 4 – Vytlačující píst                     | 13 – Otáčivá trubice s filtrem    |
| 5 – Otáčecí trubice s kulovým plovákem   | 14 – Plovákový vypínač            |
| 6 – Filtrační komora                     | 15 – Odstředivé dopravní čerpadlo |
| 7 – Odtokové zařízení z filtrační komory | 16 – Cyklónový filtr              |
| 8 – Bubnový štěrbinový filtr             | 17 – Přetok                       |
| 9 – Stěrač nečistot                      | 18 – Vysokotlaké čerpadlo         |
|  | 19 – Plnicí větev                 |

#### **Pracovní popis** (viz. obr. 22):

Firma MÜLLER Umwelttechnik používá konstrukci, kdy samotná recyklace nastává v zařízeních kolem válcové cisterny. Kalová voda je nasávána do kalové cisterny (1)

rotačním pístovým čerpadlem. Zde nastává první sedimentace. Odsud je odsávána z hladiny přes otáčecí trubici s kulovým plovákem (5) do filtrační komory (6). Tady nastává filtrace skrz bubnový štěrbinový filtr (8). Filtr je neustále mechanicky čištěn stěračem nečistot (9) a vodní sprškou (10). Neodfiltrovaná část je odváděna zpět do kalové cisterny. Filtrovaná voda je následně postoupena dalšímu čistícímu stupni v jemném odstředivém filtru (12). Odtud proudí do sedimentační komory (2), zde nastává druhá sedimentace zbylých nečistot. Odstředivým dopravním čerpadlem (15) je voda nasávána ze sedimentační komory přes otáčivou trubici s filtrem. Dále je dopravována do cyklónového filtru (16), kde nastává nejjemnější fáze odlučování nečistot.

Neodfiltrovaná část je opět odváděna zpět do kalové cisterny. Filtrovaná voda proudí do vodního zásobníku (3), kde je připravena pro opětovné použití. Vodní zásobník je konstruován s přetokem vody (17). Voda tak podstupuje několikanásobné čištění v cyklónovém filtru. Zdrojem tlakové vody pro čištění je vysokotlaké čerpadlo (18), které nasává vodu z vodního zásobníku a dopravuje ji k čistícím tryskám.

#### **Prvky a vybavení komunálního vozidla:**

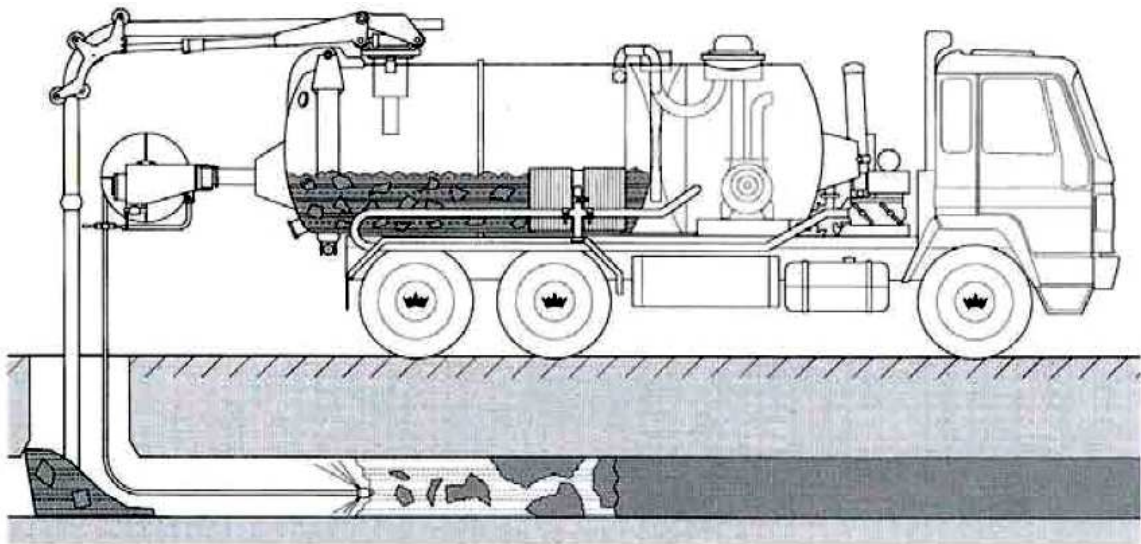
- Vyprazdňující píst, je zde i ve funkci posuvné dělící stěny, která je variabilní ve třech polohách.
- Odstředivé šnekové sací čerpadlo (průtok až  $3000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  při tlaku  $0,06 \text{ MPa}$ ).
- Trojitě pístové vysokotlaké čerpadlo (průtok až  $600 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ , tlak do  $20 \text{ MPa}$ ).
- Řemenový pohon s pneumatickou spojkou.
- Vykládka pneumatickým vytlačěním pístem nebo hydraulickým sklopením cisterny.
- Ruční nebo hydraulické blokování zadního poklopu.
- Rameno sací hadice s výložníkem otočné o  $270^\circ$ .
- Otočný hadicový naviják.
- Tlaková a otáčková regulace pro vysokotlaké a sací čerpadlo.

#### **Výhody recyklace vody firmy MÜLLER Umwelttechnik:**

- vysoký čistící výkon
- vynechání vodní nádrže
- neustále pracující recyklační systém
- možnost přepojení na konvenční systém
- vysoký stupeň naplnění kalové nádrže zásluhou oddělené filtrační komory

- snadné čištění příznivě umístěného rotačního filtru ve vyprazdňujícím poklopu
- provozní spolehlivost jednotlivých čistících fází
- dobrá kvalita vody pro vysokotlaké čerpadlo a čistící trysky

#### 6.5. Recyklace lichtenštejnské firmy KAISER



**Obr. 23** Recyklace vody fy KAISER

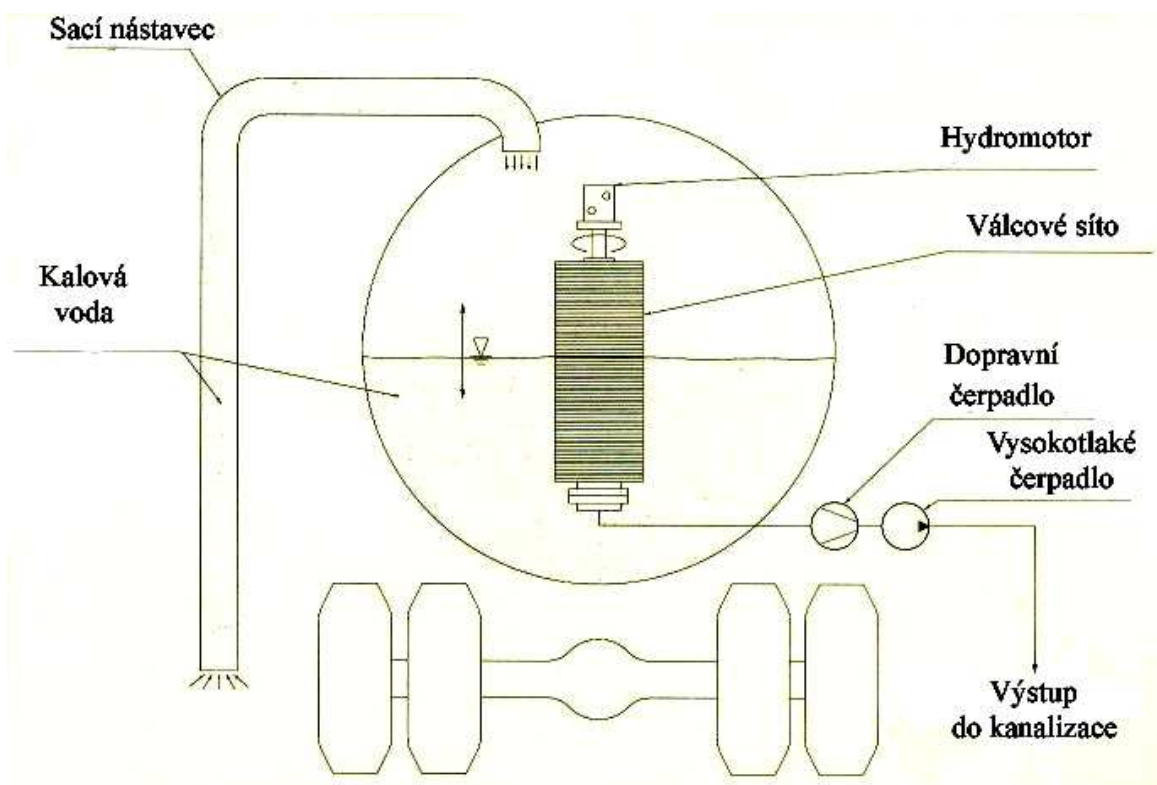
#### **Pracovní popis:**

Proplachovací voda je z kanalizace odsávána včetně kalů do kalové komory. Z kalové komory je voda odsávána přes válcové samočisticí síto odstředivým kalovým čerpadlem přímo do suportu vysokotlakého čerpadla. Prostřednictvím odstředivého čerpadla je možné z kalové komory odsát zbytkovou vodu zpět do kanalizace.

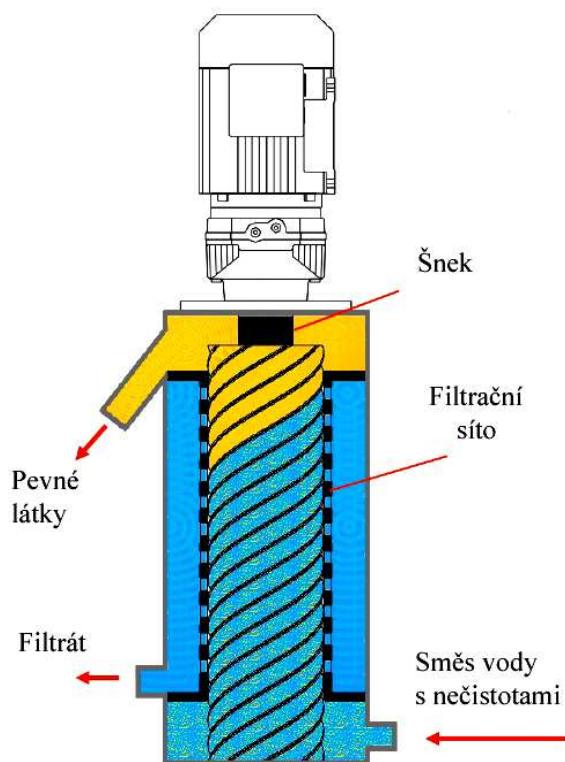
Vakuové čerpadlo je umístěno ve vestavěné komoře čisté vody. Velmi krátké potrubí mezi čerpadlem a kalovou komorou umožňuje vynikající sací schopnosti.

Dosah vysokotlaké hadice je 200 m. Nasátý kal se z cisterny vyprazdňuje jejím sklopením.

Recyklaci vody zajišťuje systém označovaný pod obchodním názvem firmy jako *Roto-Max*.



Obr. 24 Systém Roto-Max



Obr. 25 Šnekový filtr

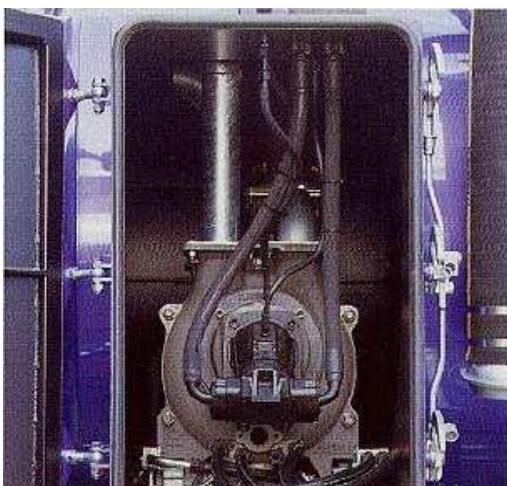
Tento recyklační systém upravuje vodu ze zadní odpadní nádrže. Odpad je zpracováván přes vertikálně umístěné válcové síto, ve kterém se otáčí šnek.

Nepřetržitým filtrováním tento filtr zajišťuje stálý tok vody k vysokotlakému čerpadlu. Nedochozí zde k žádnému nedostatku vody a ucpávání filtru.

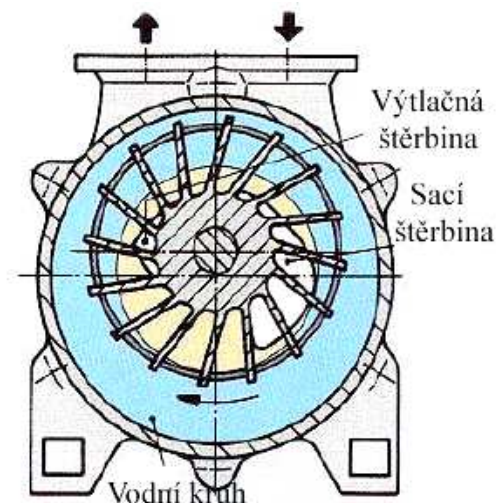


### Sací čerpadlo:

Firma Kaiser používá vlastní sací kapalinové čerpadlo KWP 1600.



*Obr. 26* Sací čerpadlo KWP 1600  
v zástavbě



*Obr. 27* Funkční schéma  
sacího čerpadla  
KWP 1600

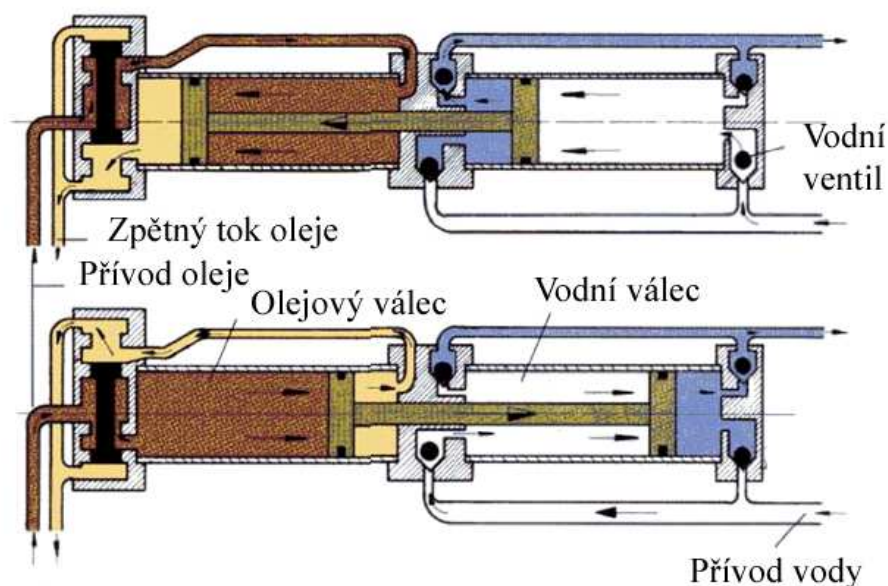
Průtok vzduchu je  $1600 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Maximální podtlak  $0,09 \text{ MPa}$ . Maximální tlak  $0,05 \text{ MPa}$ . Hmotnost činí cca.  $180 \text{ kg}$ . Je konstruované ze slitiny hliníku, proto je lehké a otěru vzdorné. Mezi výhody použití tohoto sacího čerpadla patří tedy jeho velmi nízká hmotnost, minimální údržba, schopnost sání mokrých i suchých materiálů a velmi tichý provoz.

### Vysokotlaké čerpadlo:

Vysokotlaké čerpadlo firmy Kaiser KDU 162 je v oboru recyklace odpadní vody na vozidle určitým unikátem. Je zde na rozdíl od ostatních firem použito lineární pístové čerpadlo.



*Obr. 28* Vysokotlaké čerpadlo KDU 162



**Obr. 29** Funkční schéma vysokotlakého čerpadla KDU 162

Jediný píst během pomalého posunu poskytuje průtok až  $320 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  a tlak až 20 MPa. Tlakovým voličem umístěným na zadním hadicovém navijáku nastavujeme určitou hodnotu tlaku od nuly až k plnému tlaku systému. Čerpadlo je na vozidle umístěno za kabinou ve svislé poloze.

Mezi výhody tohoto čerpadla patří:

- menší nároky na kvalitu vody
- malé opotřebení v důsledku nízké rychlosti pístu ( $22 \text{ zdvihů} \cdot \text{min}^{-1}$ )
- dlouhá životnost – až několik tisíc hodin díky malému třecímu odporu a spolehlivému hydraulickému řízení
- výrazně tišší provoz než u rotačních čerpadel
- vysoká účinnost – prakticky žádné ztráty výkonu

#### **Vybavení čistící jednotky:**

- Vysokotlaký hadicový naviják s hadicí délky 120 m o jmenovité světlosti 25 mm. Naviják je otočný o  $180^\circ$ . Odvíjení a navíjení hadice je ovládáno servořízením. Pomocí kontrolního panelu umístěného na navijáku se hlídají otáčky motoru, stav činnosti čistící tryskové operace (zapnuto/vypnuto), jakož i odvíjení, navíjení a otáčení navijáku.
- Ruční hadicový naviják s hadicí délky 20 m o jmenovité světlosti 12 mm vybavený vysokotlakou pistolí. Používá se pro méně náročné pomocné tryskové operace.

- Teleskopické sací rameno s hydraulickým řízením polohy. Vysunutí je možné z délky 2,95 m až na 4,4 m. Úhlové natočení ve svislém směru lze na 45° nahoru nebo dolů. Celé rameno je otočné o 300°. Jmenovitá světlost sací hadice je 125 mm.
- Dálkové ovládání navijáku a sacího ramene (případně ovládání pomocí závěsného panelu s kabelovým připojením).

#### **Výhody recyklace vody firmy KAISER:**

- vysoký sací výkon
- nejnižší emise hluku sacího a vysokotlakého čerpadla – což nevyžaduje dodatečnou akustickou izolaci pomocí bočních plechů, které zvyšují hmotnost a zabraňují přístupu pro údržbu a kontrolu jednotky
- velmi jednoduchý recyklační systém, který je téměř bez údržbový a bezporuchový
- možnost připojení frézy na kořeny, beton či inkrusty v potrubí
- dálkové ovládání nadstavby pomocí radiové vysílačky
- průměr sací hadice DN 200
- možnost suchého sání
- sání z hloubky až 50 m

#### **Nevýhody recyklace vody firmy KAISER:**

- vysoká cena speciálního patentovaného čerpadla fy Kaiser KDU 162
- nižší kvalita vody (avšak s recyklací fy Kaiser je díky použití čerpadla KDU 162 dostačující)

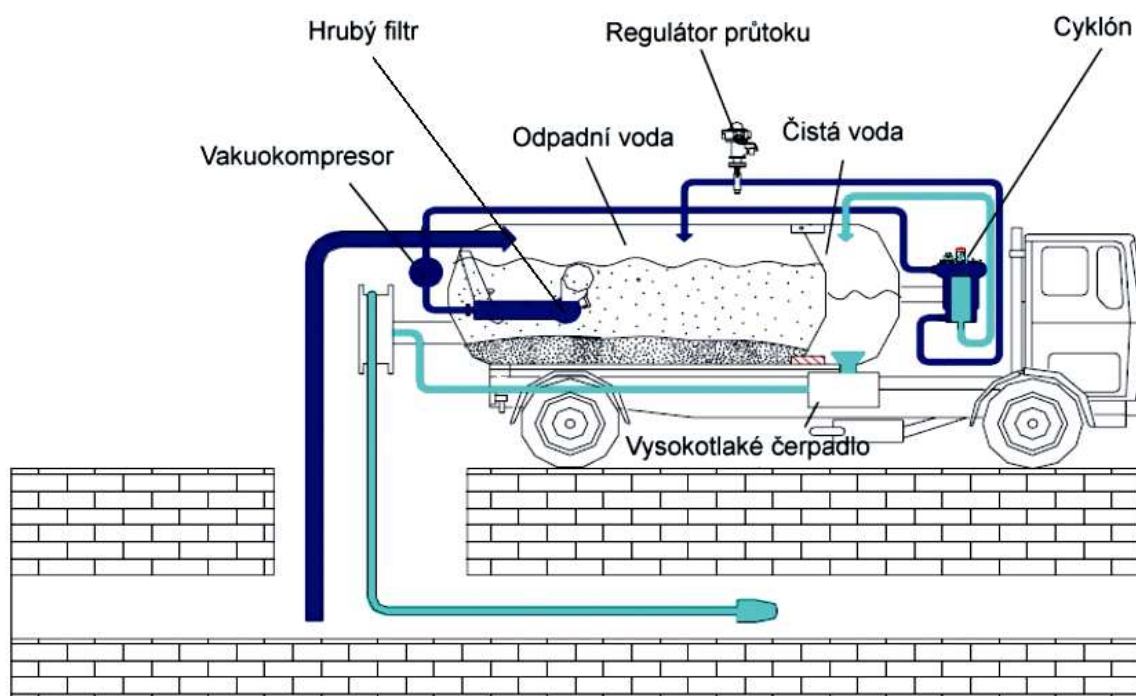


## 7. Návrh systému a oběhu média

Po analýze řešení recyklace vody renomovaných firem navrhuji vlastní okruh s přihlédnutím na výhody a nevýhody daných řešení. Volím jednotlivé komponenty okruhu a popisují jejich funkci. Dále popisují mnou zvolené vybavení a další příslušenství vozidla.

### 7.1. Využití v práci při čištění technologických vpustí vozovek

#### 7.1.1. Vlastní okruh oběhu média



*Obr. 30 Schéma oběhu média*

#### **Funkce**

Cisterna je rozdělena na dvě části. Přední část slouží pro čistou vodu k zásobování vysokotlakého čerpadla. V zadní části je kalová komora k ukládání nasátých sedimentů.

Řídký kal je nasáván vakuokompresorem z kanalizačního potrubí do kalové komory nádrže. Do potrubí se v místě odsávání umístí speciální ucpávka, aby nedocházelo k úniku řídkého kalu. Ten je dále dopravován přes hrubý filtr do cyklónu, kde nastává další odlučování nečistot. Neodfiltrovaná část proudí z cyklónu zpět do kalové komory. V této větvi je umístěn regulátor průtoku.

Filtrovaná voda je přepravována v oddělení nádrže pro čistou vodu. Odsud se vysokotlakým čerpadlem dopravuje zpět k tlakovému čištění potrubí.

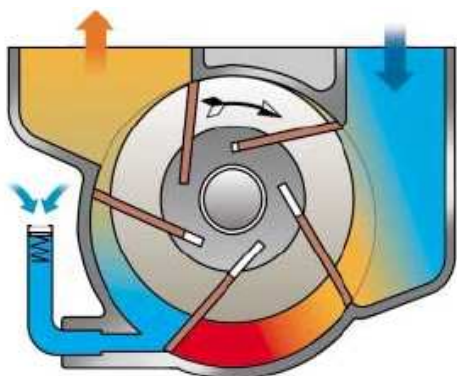
## 7.1.2. Hlavní komponenty oběhu média

### Vakuokompresor: JUROP-PNR 142.

Slouží pro sání a pneumatickou dopravu mokrých i suchých materiálů. Vakuokompresor je lamelový vzduchem chlazený poháněný přímo od motoru. K jeho přednostem patří vysoká spolehlivost, minimální požadavky na údržbu, dlouhá životnost a s tím spojená rentabilita pořizovacích nákladů.



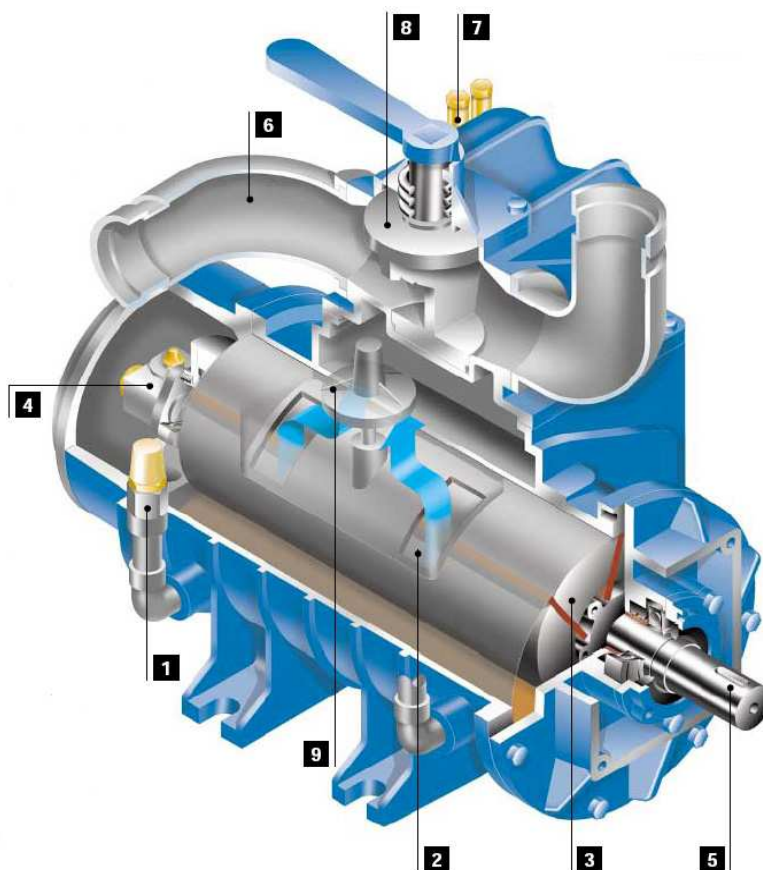
**Obr. 31** Vakuokompresor  
JUROP-PNR 142



**Obr. 32** Funkční schéma  
vakuokompresoru  
JUROP-PNR 142

**Tab. 2** Parametry vakuokompresoru  
JUROP-PNR 142

Veličina vakuokompresoru	Hodnota
Volný průtok vzduchu	852 m <sup>3</sup> . h <sup>-1</sup>
Průtok vzduchu při 60% podtlaku	768 m <sup>3</sup> . h <sup>-1</sup>
Otáčky	1 200 min <sup>-1</sup>
Maximální podtlak	90%
Příkon při relativním podtlaku 0,05 MPa	20,5 kW
Maximální provozní relativní tlak	0,1 MPa
Hladina akustického tlaku při 60% podtlaku a sání z hloubky 7 m	78 dB(A)
Hmotnost	240 kg
Spotřeba oleje	160÷170 g . h <sup>-1</sup>



*Obr. 33 Řez vakuokompresorem JUROP-PNR 142*

- 1 – Přívod vzduchu, kterým se zajišťuje trvalé zatížení na 60% podtlaku sání. Také slouží k chlazení vakuokompresoru při vysokých výkonech.
- 2 – Dvojité vnitřní vstupní/výstupní kanály poskytující vysokou objemovou účinnost a nízký provozní hluk.
- 3 – Pět pohyblivých lamel. Tangenciální lamela je konstruovaná tak, aby bylo co nejvíc sníženo její opotřebení vlivem tření a tím je zajištěna delší životnost vakuokompresoru.
- 4 – Samočinné tříbodové mazání.
- 5 – Samostatná tvrzená hřídel spojená s rotorem.
- 6 – Hliníkové připojení.
- 7 – Olejové maznice s čirým sklem pro kontrolu účinnosti mazání. Olejové potrubí je měděné.
- 8 – Čtyřcestný sací/tlakový rozdělovač s hydraulickým případně pneumatickým ovládním.
- 9 – Zpětný ventil.

### Vysokotlaké čerpadlo: Pratissoli MH 55 B.

Dodává tlakovou kapalinu pro čištění. Čerpadlo je tříplunžrové mazané rozstříkem oleje, poháněné od motoru. Skříň čerpadla je vyrobena z šedé litiny. Hlava čerpadla je z litiny s kuličkovým grafitem s příměsí niklu. Plunžry jsou vyrobeny z nerezové oceli s keramickým obložením. Svisle umístěné ventily jsou z nerezové oceli.



*Obr. 34 Vysokotlaké čerpadlo Pratissoli MH 55 B*

*Tab. 3 Parametry čerpadla  
Pratissoli MH 55 B*

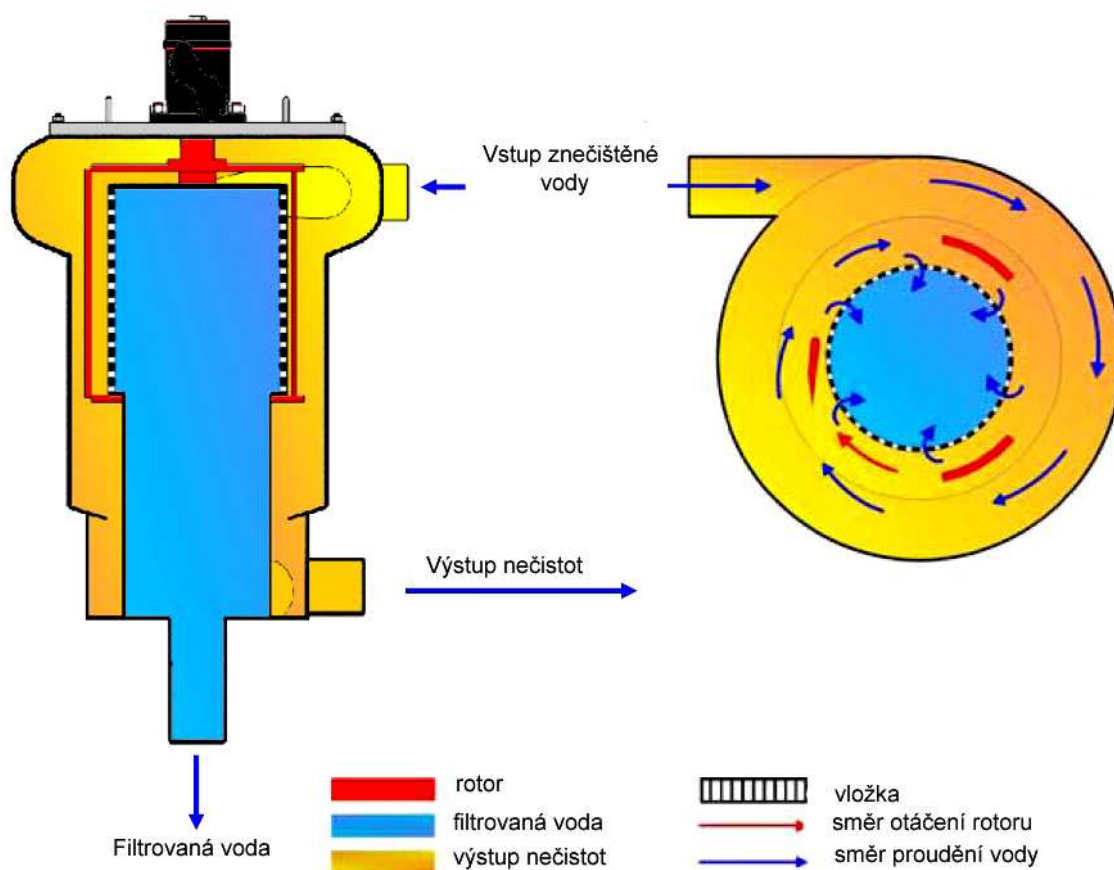
Veličina čerpadla	Hodnota
Teoretický průtok	290 l . min <sup>-1</sup>
Tlak	20 MPa
Otáčky	1 500 min <sup>-1</sup>
Příkon	112 kW
Hmotnost	423 kg
Maximální vstupní tlak	0,3 MPa
Zdvih plunžru	72 mm
Množství oleje	14 l

## Cyklón

Konstrukce a funkce (viz. obr. 35):

Filtrační vložka je upevněna ve filtrační trubici. Trubice tvoří rotor cyklónu. Znečištěná kapalina tečně vstupuje hrdlem do cyklónu. Proudí vysokou rychlostí uvnitř tělesa. Těžší nečistoty se oddělují odstředivou silou z rotujícího kapalného sloupce. Proudí tak po obvodu tělesa a nezatěžují filtrační vložku. Opouštějí cyklón hrdlem pro výstup nečistot umístěným ve spodní části. Pouze lehčí nečistoty se usazují na jemné filtrační vložce.

Filtrační trubice se otáčí kolem jemné vložky a neustále ji tak čistí mechanickým stíráním a také díky vznikajícímu sacímu efektu. Tak optimalizuje čistící efektivitu a mimoto podporuje cirkulaci kapaliny.



**Obr. 35** Funkční schéma cyklónu



Výhody použití cyklónu:

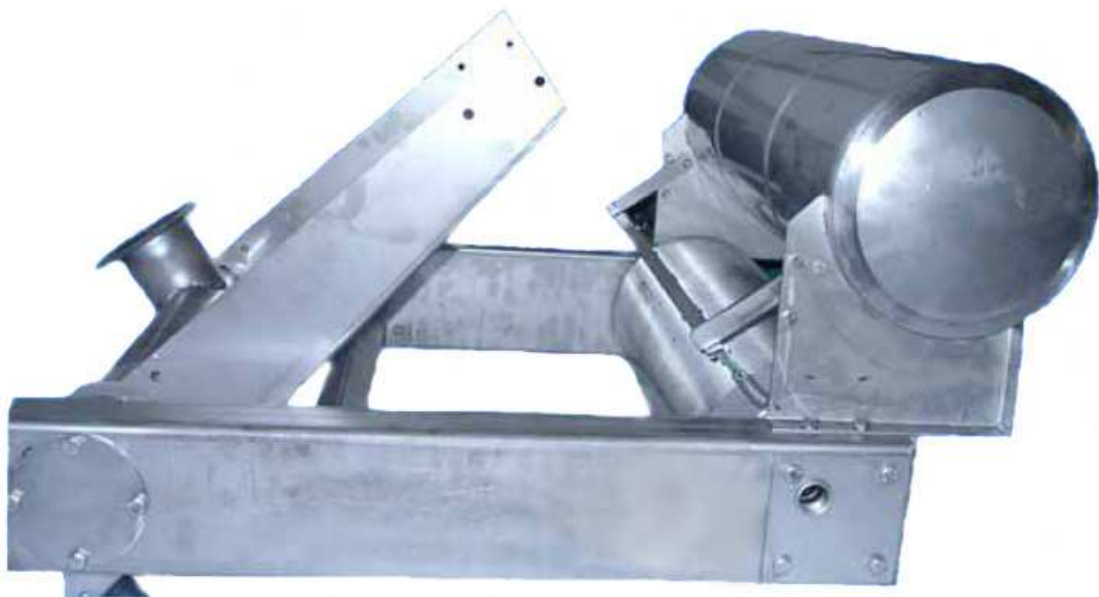
- stálý čistící proces bez ztráty výkonu
- žádné zpětné čištění filtru
- žádná výměna filtru (bez přerušení práce)
- maximální výkon s minimálními požadavky na prostor

*Obr. 36* Cyklón

Rotor cyklónu je poháněn hydromotorem otáčkami  $800 \text{ min}^{-1}$ . Geometrický objem hydromotoru je  $25 \text{ cm}^3$ . Filtrační schopnost cyklónu je  $10 \mu\text{m}$ . Průtok závisí na filtrační vložce a na hustotě čištěné kapaliny. Například pro znečištěnou kapalinu o částicích velikosti  $100 \mu\text{m}$  je průtok  $400 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ . Hmotnost cyklónu je  $77 \text{ kg}$ .

### **Hrubý filtr**

Slouží k předběžnému čištění vody před filtrací v cyklónu.



*Obr. 37* Hrubý filtr

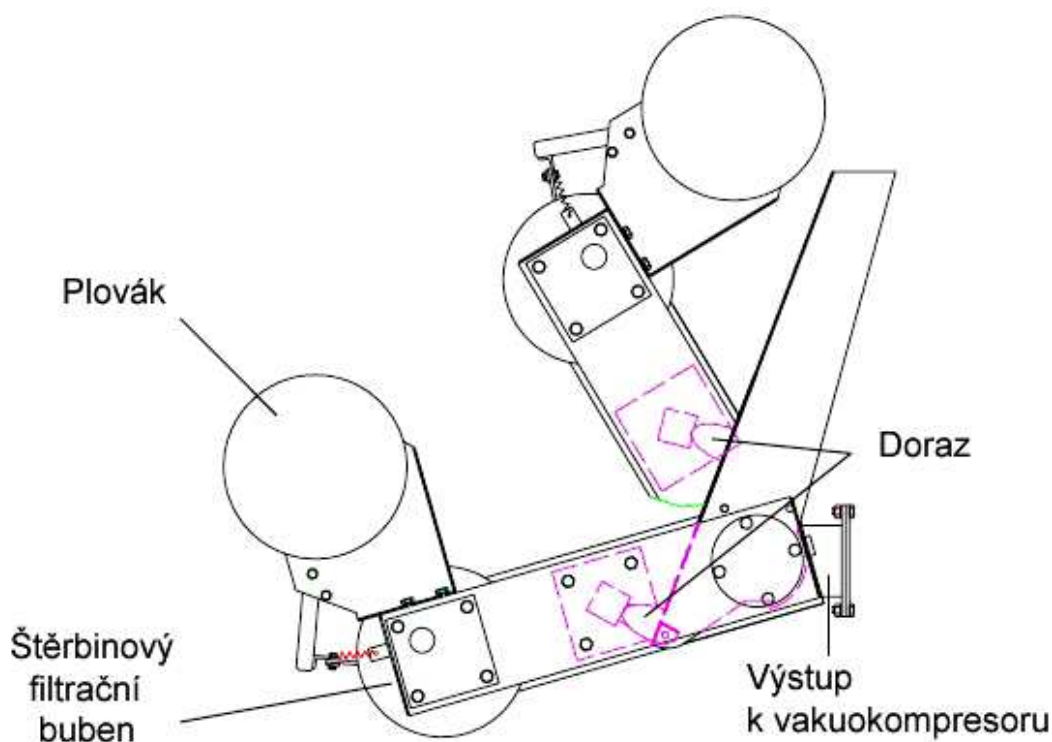


Princip funkce:

Hrubý filtr je umístěn v kalové nádrži. Znečištěná voda je nasávána vakuokompresorem přes štěrbinový filtrační buben (viz. obr. 38). Ten je rotační, poháněný z jedné strany hydromotorem. Otáčky hydromotoru jsou  $35 \text{ min}^{-1}$ . Geometrický objem hydromotoru je  $400 \text{ cm}^3$ . Z druhé strany je přívod čisté vody pro čištění bubnu.

Čištění nastává automaticky vždy po samotné pracovní operaci. Tlaková voda je přivedena do šesti trysek uvnitř bubnu a propláchne jej zevnitř do kalové komory. Během provozu je filtrační buben chráněn před zanesením pomocí mechanického odstraňování nečistot stěračem při otáčení bubnu (viz obr. 39).

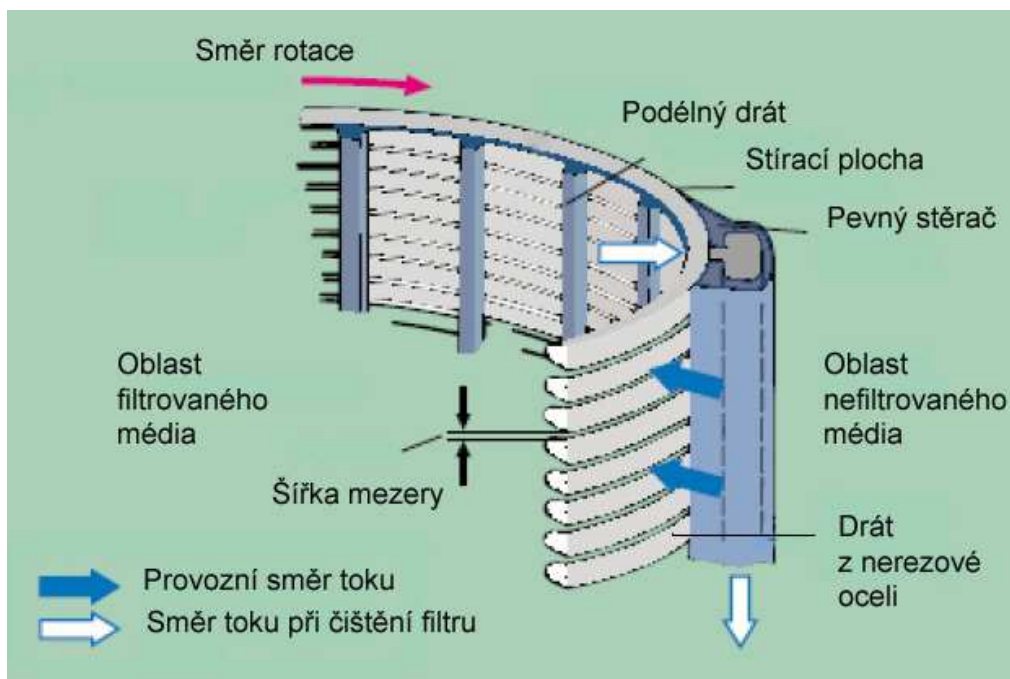
Filtr je výkyvný. Úhel mezi krajními polohami je  $75^\circ$ . Plovák udržuje filtrační buben vždy těsně pod hladinou vody, kde je vlivem sedimentace voda nejčistší.



*Obr. 38* Krajní polohy hrubého filtru

Filtrační schopnost je  $700 \mu\text{m}$ . To je dáno šířkou mezery (viz obr. 39).

Hmotnost hrubého filtru je  $100 \text{ kg}$ .



*Obr. 39 Detail provedení šterbinového filtračního bubnu*

Mezi výhody použití tohoto filtru patří: - automatické čištění filtru bez přerušení práce a ztráty výkonu  
- filtrování vždy v blízkosti vodní hladiny => menší zatížení filtru

### **Regulátor průtoku**

Je umístěn ve větví vedoucí z cyklónu do kalové komory, kde proudí neodfiltrovaná voda. Udržuje konstantní tlak v cyklónu.



*Obr. 40 Regulátor průtoku*



### 7.1.3. Vybavení a příslušenství kombinované nástavby

#### Cisterna

Cisterna je dvoukomorová se zadním hydraulicky otevíratelným čelem. Objem nádrže na kaly je 7 000 l a na čistou vodu 4 000 l. Je celo svařované válcové konstrukce. Celá cisternová nástavba je řešena jako pevná. Je namontována na tříosý podvozek o celkové užitečné hmotnosti 25 až 26 tun vybavený pomocným rámem.

#### Výložník JUROP s dálkovým ovládním

Slouží k sání při čištění technologických vpustí vozovek. Dálkové ovládním otočného výložníku umožňuje manipulaci se sací hadicí DN 150 v rozsahu 300° s možností teleskopického výsunu až 1 420 mm a zdvihu až 2 770 mm. Je ovládním hydraulicky.



*Obr. 41 Sací výložník JUROP*

#### Hlavní naviják

Slouží jako hlavní naviják pro čištění potrubí o větším průměru. Je vertikální polohovací. S vysokotlakou hadicí délky 120 m o průměru 1". S ručním naváděním a hydraulicky poháněným navíjením.



*Obr. 42 Hlavní naviják*

### Malý vedlejší naviják

Je to ručně ovládaný naviják, který slouží k čištění potrubí malých průměrů a povrchovému čištění ploch či jiných míst pomocí ruční pušky. Je vybaven vysokotlakou hadicí délky 30 m o průměru ½“.



*Obr. 43 Malý boční naviják*

### Další příslušenství:

#### Vysokotlaké trysky

Zvolení správné vysokotlaké trysky je velmi důležité a rozhodující. Bez správně zvolené trysky, dokonce i s velmi výkonným vysokotlakým čerpadlem nedosáhneme požadovaných výsledků čištění.

Typy:

Standardní vysokotlaká tryska:

Opatřena vrtanými otvory a vhodná pro běžné čištění potrubí do maximálního rozměru DN 125 mm. Vybavena také předním otvorem pro průchod přes blokace v potrubí.



*Obr. 44 Standardní trysky*

Speciální tryska:

Opatřena vyměnitelnými keramickými vložkami v otvorech trysky.

Zahrocený tvar trysky pro průchod obtížnými blokacemi.

Turbo trysky pro snadný průchod 90° záhyby.

Trysky pro čištění potrubí do DN 150 mm.



*Obr. 45 Speciální trysky*

Tryska „Granát“:

Vysoce výkonná tryska díky proudové síle. Pro normální čištění potrubí v rozměrech DN 50 mm až 100 mm. Také velmi vhodná pro odstraňování písku v potrubí do rozměru DN 100 mm.



**Obr. 46** Trysky „Granát“

„Vodní buldozer“:

Vodní buldozer je zkonstruován speciálně pro odstraňování písku a těžkých usazenin na dně kanalizačního potrubí. Jeho vlastní hmotnost ho stále drží na spodní části kanalizačního potrubí. Pro omezení nadměrného opotřebení je vybaven speciálním sáňkovým rámem ve spodní části. Vhodný pro kanalizace od DN 200 mm do 1000 mm. Požadovaný minimální průtok vody 100 l . min<sup>-1</sup>.



**Obr. 47** „Vodní buldozer“

Rotační tryska:

Jejich rotace je zajištěna speciálním tryskovým systémem. Trysky dosahují vysoké účinnosti čištění díky tomuto tryskovému systému. Vhodné pro čištění potrubí od rozměru DN 50 mm do 1000 mm.



**Obr. 48** Rotační trysky

Tryska s řetězovou hlavou:

Tento typ trysky je určen především pro odstraňování vodního kamene, cementových usazenin, kořenů stromů v kanalizačním potrubí. Velikost pracovního řetězu může být upravena pro jakýkoliv průměr potrubí. Minimální požadovaný průtok 60 l . min<sup>-1</sup>. Vhodné pro kanalizační potrubí od DN 60 mm do 800 mm.



**Obr. 49** Trysky s řetězovou hlavou

### Řezná úderová tryska:

Řezná úderová tryska je určena pro odstranění vodního kamene, betonových usazenin, kořenů stromů, dřeva v kanalizačním potrubí. Počet úderů trysky se pohybuje od 600 až 1000 úderů . min<sup>-1</sup>. Minimální požadovaný průtok 100 l . min<sup>-1</sup>. Vhodné pro kanalizační potrubí o průměru od DN 100 mm do 600 mm.



**Obr. 50** Řezné úderové trysky

Ve většině trysek se používají vyměnitelné keramické vložky. K jejich přednostem patří zejména velmi agresivní kompaktní vodní paprsek, vysoká účinnost, minimální opotřebení, velmi dobrá odolnost vůči korozi .

### Tlaková pistole:

Speciální tlaková pistole je opatřena rychlospojkou a odnímatelným nástavcem. Umožňuje velmi rychlé připojení na tlakovou hadici v jakýkoliv okamžik.



**Obr. 51** Tlakové pistole

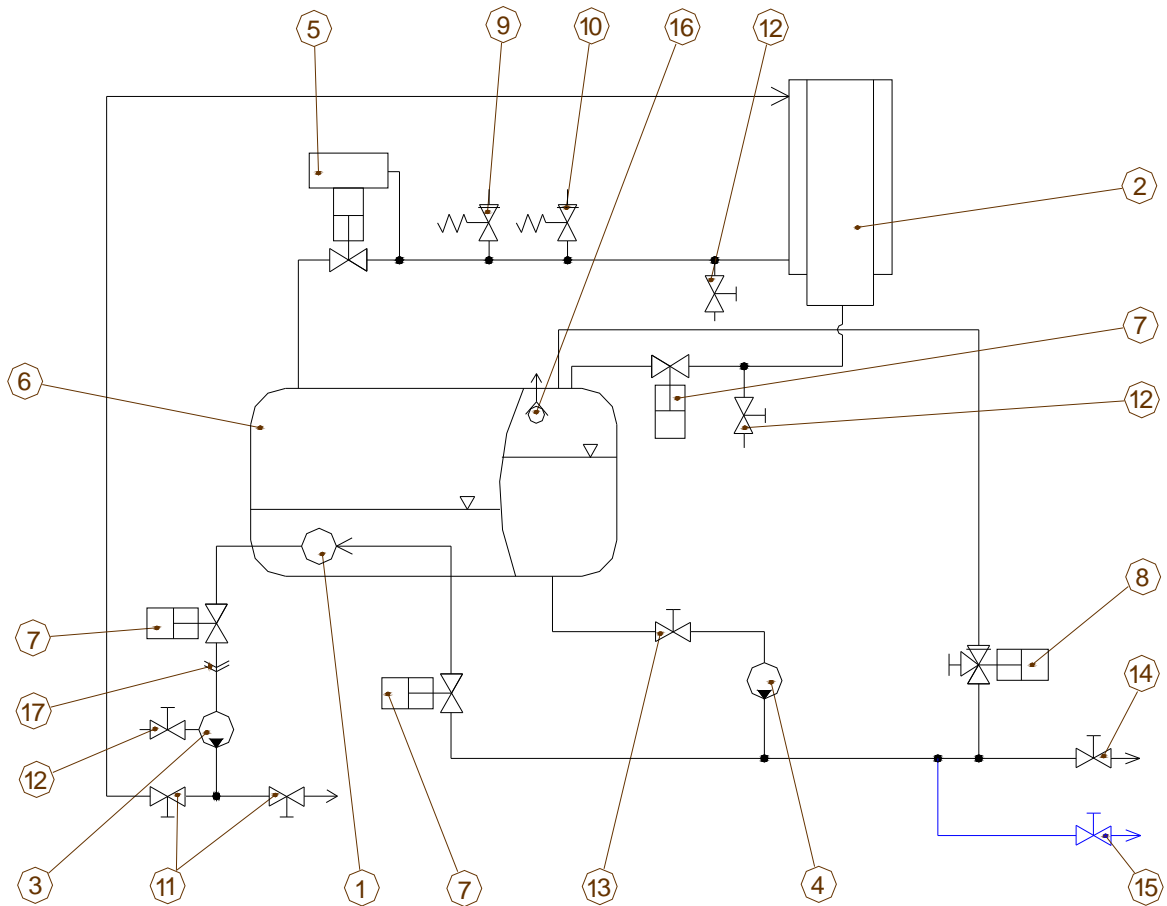
### Kanalizační a potrubní zátky:

Zátky jsou používány na dočasné uzavření a utěsnění kanalizačních a odpadních potrubí. Jsou buď mechanické nebo pneumatické, a to pro kanalizační potrubí oválného tvaru do rozměru DN 1000 mm.



**Obr. 52** Kanalizační a potrubní zátky

### 7.1.4. Schéma oběhu média



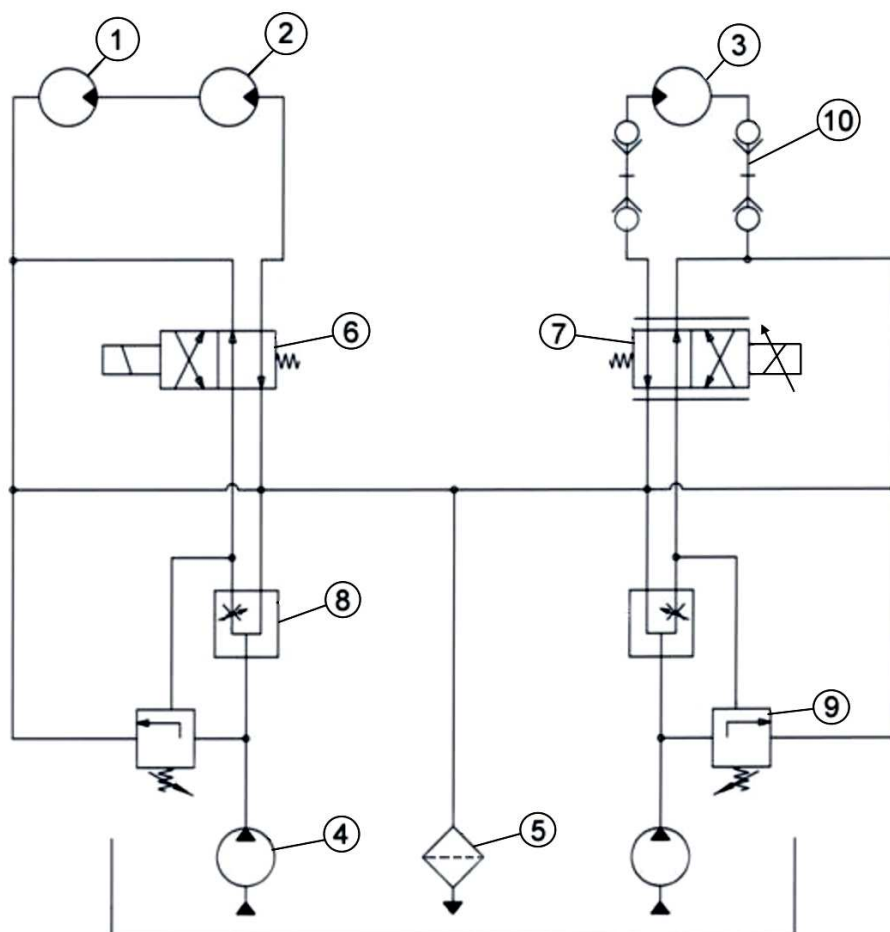
**Obr. 53** Schéma oběhu média

- |   |   |
|---|---|
| 1 – Hrubý filtr                           | 10 – Ventil pro vyrovnávání pulsací               |
| 2 – Cyklón                                | 11 – Kulový ventil (odsávání kalové vody)         |
| 3 – Vakuokompresor                        | 12 – Vypouštěcí kohout                            |
| 4 – Vysokotlaké čerpadlo                  | 13 – Uzavírací klapka                             |
| 5 – Regulátor průtoku                     | 14 – Ventil pro vysokotlaký naviják               |
| 6 – Nádrž                                 | 15 – Ventil pro vysokotlakou lištu                |
| 7 – Pneumaticky ovládaná uzavírací klapka | 16 – Odvětrání nádrže (filtr pro dýchání hladiny) |
| 8 – Bezpečnostní řadicí ventil            | 17 – Spojka                                       |
| 9 – Pojistný přetlakový ventil            |   |

Vlastní okruh oběhu média pro čištění kanalizací je doplněn o ruční tlakovou pušku pro mytí technologických vpustí vozovek a menší manuální čistící operace, která se připojí na tlakovou hadici pomocí rychlospojky. Na obr. 53 je modře vyznačena větev pro přívod technologické vody do vysokotlaké mycí lišty. Protože není nutné, aby mycí lišta a vysokotlaký naviják byl zásoben tlakovou vodou současně, volil jsem místo speciálního děliče vody ventil v samostatné větvi.

### 7.1.5. Hydraulické schéma

Pohon nástavby vozidla zde řeším od samostatné silové hydrauliky podvozku. Tlakový ventil je přepouštěcí. Jeho zapojení s hydrogenerátorem tvoří zdroj tlakové kapaliny. Proporcionální rozvaděč umožňuje souvislé řízení průtoku hydromotorem pro pohon cyklónu.



*Obr. 54* Hydraulické schéma pohonu nástavby

- 1 – Jednosměrný hydromotor s konstantním geometrickým objemem pro pohon hrubého filtru
- 2 – Hydromotor pro pohon sacího čerpadla
- 3 – Hydromotor pro pohon cyklónu
- 4 – Jednosměrný hydrogenerátor s konstantním geometrickým objemem.
- 5 – Filtr
- 6 – Elektromagneticky ovládaný rozvaděč 4/2
- 7 – Elektromagneticky ovládaný proporcionální rozvaděč 4/2
- 8 – Dělič průtoku s integrovaným škrtícím ventilem necitlivým ke změnám viskozity
- 9 – Tlakový ventil
- 10 – Rychlospojka

## 7.2. Využití v práci při čištění povrchů komunikací

Montáží vysokotlaké mycí lišty na čelní desce nebo speciálním držáku zvýším použitelnost stroje. Lišta slouží k splachování, mytí a kropení komunikací.



**Obr. 55** Vysokotlaká mycí lišta

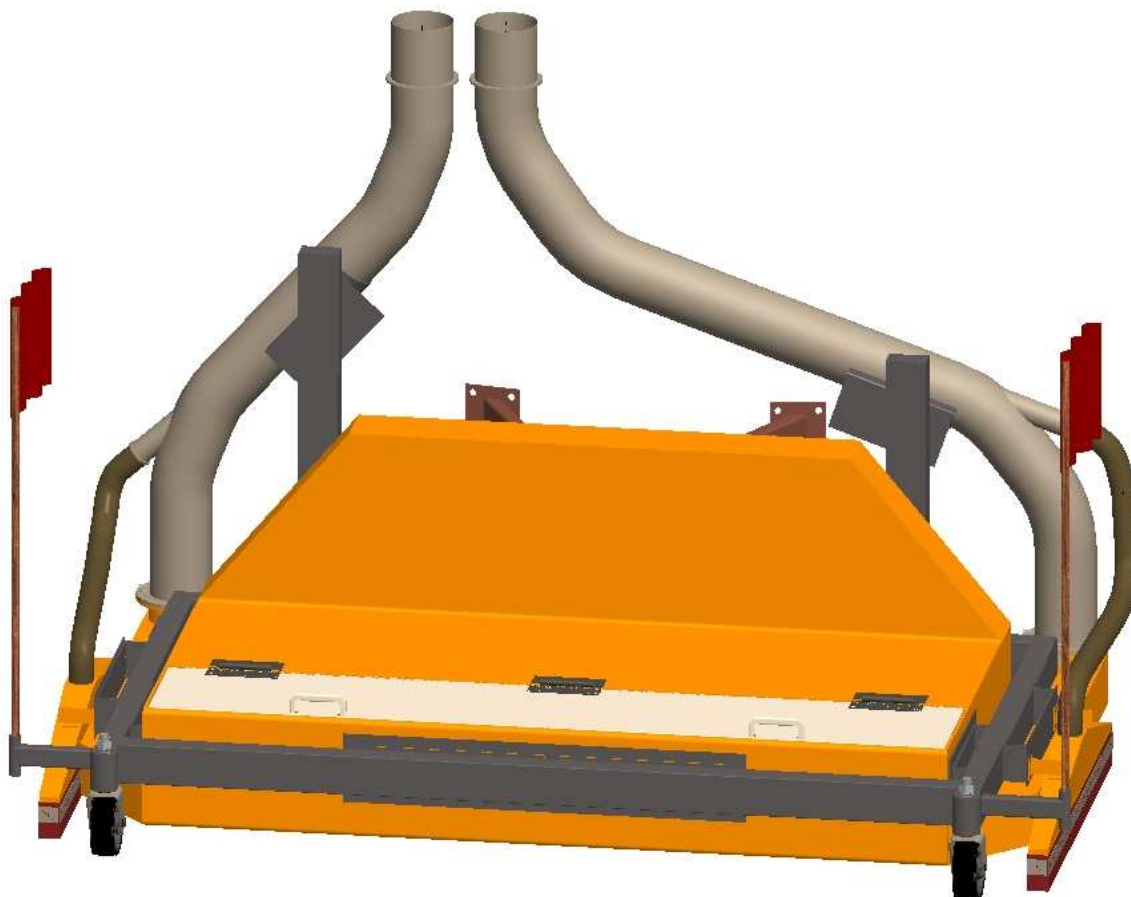
Návrhem odsávání čistící vody z povrchu vozovky a její následné recyklace docílím výhod jako už u zmiňovaného čištění technologických vpustí vozovek.



### 7.2.1. Návrh odsávání

V programovém prostředí ProEngineer Wildfire 2 jsem navrhl a zkonstruoval možný způsob řešení odsávání (viz. obr. 56). Byl mi ponechán značný prostor pro toto řešení. Volil jsem tedy koncepci - umístění odsávání před vozidlem (viz. obr. 58). Především vzhledem ke standardnímu připojení vysokotlaké mycí lišty.

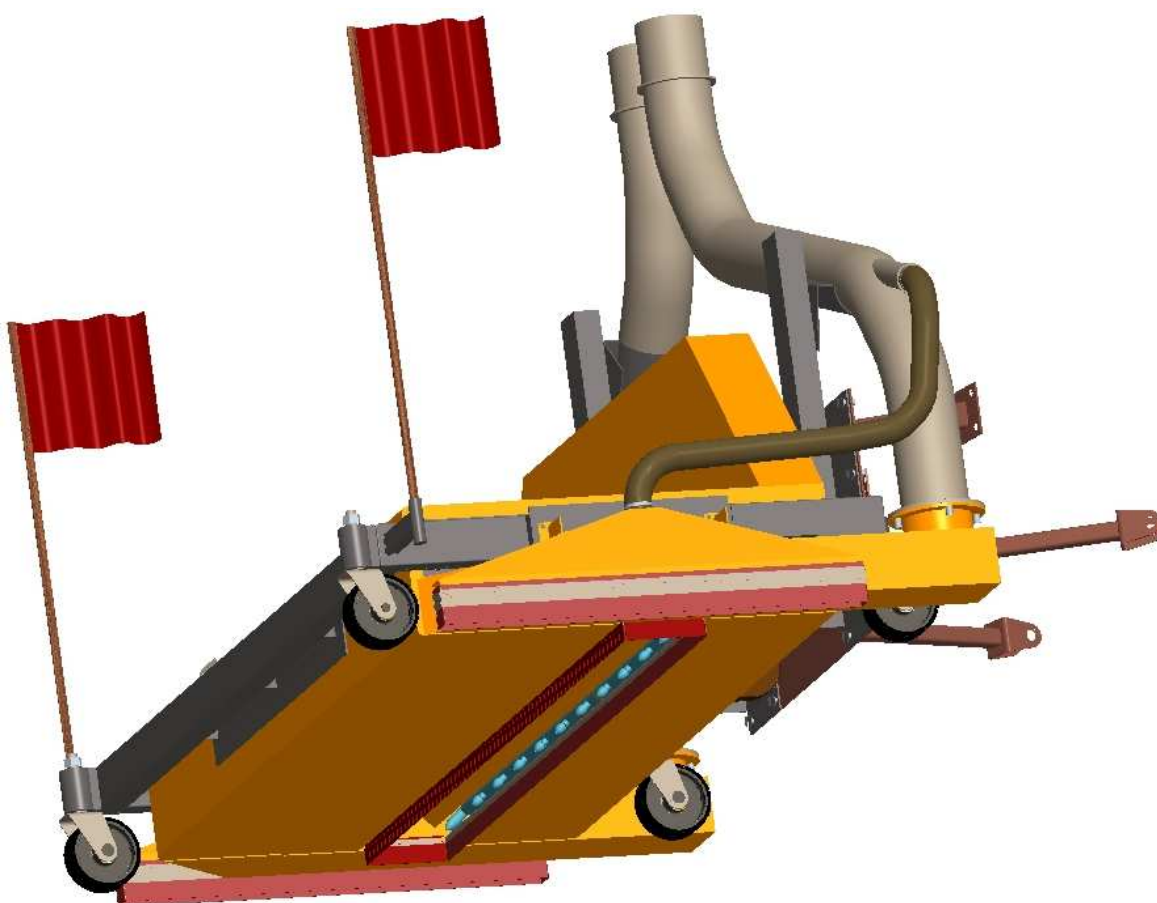
Pohon nástavby je od pojezdu nákladního vozidla. Pro odvod znečištěné vody do nádrže jsem dal přednost hornímu vedení hadic před vedením pod vozidlem (viz. obr. 58). To zejména z důvodů: většího prostoru než pod vozidlem, kratší délky sacích hadic => vyšší sací výkon, delší životnosti hadic. Je to ale na úkor sníženého výhledu z kabiny vozidla. Nicméně hadice jsou vedeny přes kabinu v místě výhledu spolujezdce. Řidič tak má zachován bezpečný výhled.



*Obr. 56 Model odsávání – 3D pohled zepředu*

**Funkce:**

Čistící voda je do mycí lišty přiváděna vysokotlakými hadicemi. Hadice jsou vedeny otvorem v čelní desce lišty a držáku odsávání. Tlaková voda vystupující pod ostrým úhlem z trysek lišty smývá povrch vozovky. Sacím efektem vakuokompresoru a částečně i díky hybnosti proudu je strhávána přes přepad do prostoru česla (viz. obr. 59). Zde se na roštu o průměru ok 38 mm zachycují případné kameny, větvičky a jiné větší předměty z vozovky. Použitý vakuokompresor JUROP je dle výrobce schopen odsát i běžnou dlažební kostku. Těleso odsávání je na horní straně opatřeno víkem, aby byl umožněn přístup k roštu. Rošt je možné vydělat ven, což usnadňuje čištění česla. Voda spolu s nečistotami je odsávána po obou stranách tělesa odsávání. Dále je unášena potrubím DN 150 mm a k němu připojenými hadicemi. Hadice vedou do cisterny přes kabinu, ke které jsou připevněny.



*Obr. 57 Model odsávání – 3D pohled zespodu*

### **Připojení:**

Připojení nástavby je zde pouze předběžně navrženo, a to tak, aby bylo možné použít k práci i mycí lištu samostatně. Například pouze pro kropení vozovky. Jako provedení čelní desky lišty navrhuji použít stávající speciální nosič fy KOBIT (viz. obr. 55) s veškerým příslušenstvím a hadicemi s možností natáčení lišty. Pro tuto lištu je i v návrhu pamatováno s prázdným prostorem v tělese odsávání. Na modelu a na výkresu sestavy je mycí lišta s nosičem zobrazena pouze informativně. Úkolem byl návrh samotného odsávání.

Držák odsávání je připevněn šrouby k nárazníku nákladního vozidla a k nápravě. Do tohoto držáku je zasunut nosič lišty se samotnou lištou. Odsávání je k držáku přišroubováno.



*Obr. 58 Umístění nástavby na vozidle*

### **Konstrukce:**

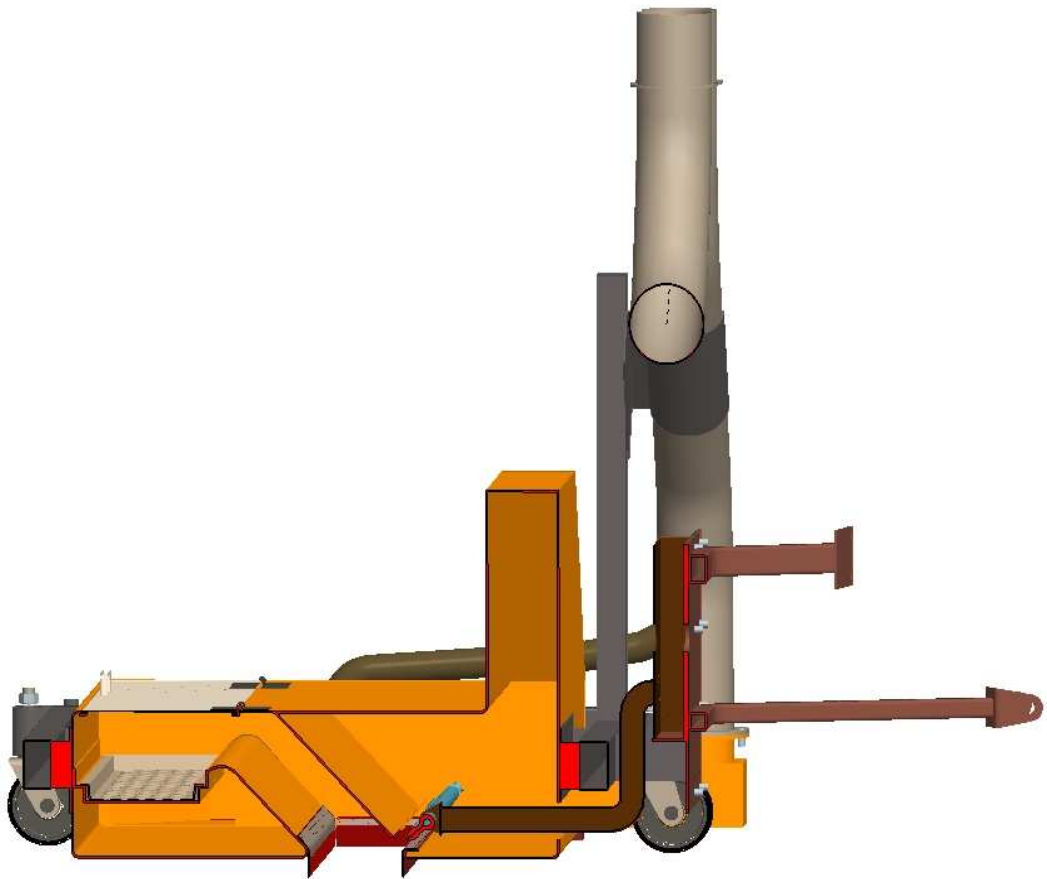
Těleso odsávání je svařeno z jednotlivých (i ohýbaných) plechů. Po konzultaci s panem profesorem Honců byla zvolena tloušťka plechů 4 mm s ohledem na rozměry celé nástavby. Materiál tělesa je z konstrukční oceli 11 373. Pro zvýšení tuhosti celku je těleso přivařeno k nosnému rámu. Rám je z uzavřeného tenkostěnného obdélníkového profilu

s navařenými držáky. K rámu jsou po stranách přišroubovány přídavné sací hubice. Ty jsou spojeny hadicemi se sacím potrubím. Potrubí jsou s přírubami tělesa odsávání spojeny šrouby. Sací otvory jsou opatřeny přinýtovanými pryžovými manžetami. Kolečka jsou z oceli s pryžovými plášti.

### **Základní rozměry:**

Vnější šířka celé nástavby je 2 640 mm. Délka je 1 500 mm. Světlá výška odsávání je 42 mm. Rozchod předních koleček je 2 144 mm. Rozvor je 1 289 mm. Rozměry hlavního sacího otvoru jsou 190 x 1988 mm a otvorů sacích hubic 50 x 1000 mm. Odsávací potrubí a hadice jsou průměru DN 150 mm, hadice sacích hubic DN 60 mm.

Hmotnost celé nástavby bez pryžových dílů (manžet a hadic) a bez mycí lišty činí 520 kg. Byla stanovena s využitím již zmiňovaného konstrukčního softwaru.



*Obr. 59 Příčný řez modelem*

### 7.2.2. Řešení úniku vody

Únik vody při nerovnostech vozovky zde řeším:

a) Přídavnými sacími hubicemi.

Z obou stran je odsávání doplněno sacími hubicemi, které jsou hadicemi DN 60 napojeny na hlavní odsávací potrubí.

b) Doplněním pryžovými manžetami sahajícími k povrchu vozovky.

Pomocí pryžových manžet připevněných na tělese odsávání a přídavných sacích hubicích zvýším sací efekt vakuokompresoru.

c) Natočením krajních mycích trysek lišty.

Použitím krajních mycích trysek s plochým vodním paprskem a jejich nasměrováním k podélné ose vozidla docílím usměrnění toku. Tím také eliminuji únik vody do stran.

## **8. Závěr a zhodnocení**

V úvodní části diplomové práce se zabývám jednotlivými technologiemi čištění. Jsou zde stanoveny specifické vlastnosti jednotlivých způsobů čištění a jejich typické nasazení pro pracovní operace.

Další část je zaměřena na použití recyklace vody na komunálním vozidle. Zde jsem popsal základní odlišnosti od použití klasické kombinované nástavby. Dále jsem uvedl hlavní důvody proč je výhodné použít vůz s recyklací a naznačil jsem shrnutí technických a ekonomických aspektů.

Jedním z úkolů DP bylo provést rozbor recyklace vody v systému mobilních komunálních nástaveb předních světových firem v tomto oboru. Touto analýzou se zabývám v další části, kde jsem zmapoval technické řešení pěti zahraničních firem. Sledoval jsem technické detaily řešení a s tím spojené výhody a nevýhody těchto způsobů recyklace.

Dalším úkolem bylo navrhnout vlastní okruh oběhu média včetně hlavních komponentů, a to jak při zaměření se na práci při čištění technologických vpustí vozovek, tak při čištění povrchů komunikací.

V poslední části DP je proveden návrh (studie) konstrukčního řešení odsávání vody z pozemních komunikací. Model je konstruován v softwaru ProEngineer Wildfire 2. Součástí DP jsou výkresy sestavy a montážní výkres. Montážní výkres je pouze informativní, není zde úplný rozpad na elementární díly, jelikož ty jsou často jako svařené podsestavy z jednotlivých plechů. Jednotlivé výrobní výkresy zatím nebylo třeba kreslit, cílem byl samotný návrh řešení.

V případě pokračování na projektu odsávání z pozemních komunikací by bylo třeba provést simulace proudění a samotného sání vody. Dále výpočty průtoků, tlaků a stanovit ztráty (úniky) vody.

Do budoucna by bylo vhodné uvážit jako možnost nového řešení použití oběhu s recyklací vody pro pozemní zametače. Zde by byla možnost použití menších vakuokompresorů vzhledem k podpoře odsávání od rotačního zametacího kartáče.

## Přehled použité literatury

- | 1 | Technické podklady firmy KOBIT s.r.o.
- | 2 | Leinveber, J., Vávra, P.: Strojnické tabulky, Pedagogické nakladatelství ALBRA, Úvaly, 2003.
- | 3 | Vlček, F.: Podvozky motorových vozidel, Nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno, 2000.
- | 4 | Šulc, J., Šinták, J.: Právní problematika a ochrana životního prostředí (Ochrana životního prostředí), Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, Liberec, 1990.
- | 5 | Pešík, L.: Části strojů, TUL, Liberec, 2002.
- | 6 | Pivoňka, J.: Tekutinové mechanismy, SNTL, Praha, 1987.

### Internetové stránky:

- KOBIT s.r.o.: <http://www.kobit.cz>
- CAPPELLOTTO S.P.A.: <http://www.cappellotto.com>
- WIEDEMANN & REICHHARDT: <http://www.wiedemann-reichhardt.de>
- JUROP: <http://www.jurop.it>
- MÜLLER Umwelttechnik: <http://www.mueller-umwelt.de>
- KAISER: <http://www.kaiser.li>
- Filtertechnik Georg Klass: <http://www.klass-filter.de>
- Interpump Group S.p.A.: <http://www.pratissolipompe.com>
- FAUN Kirchhoff Group: <http://www.faan.com>
- STOKOTA NV: <http://www.stokota.be>
- HOLZMANN FAHRZEUGBAU GmbH: <http://www.lkw-holzmann.at>
- AQUATECH: <http://www.aquatech.com>
- SIHI Pumps Americas: <http://www.sihi-pumps.com>
- URACA Pumpenfabrik GmbH & Co.: <http://www.uraca.de>