

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zařízení pro sběr ropných látek z hladiny vodních toků
Equipment for Collecting of Oil Products from the Water Courses Surface

Student:

Pavel Pavlica

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání bakalářské práce

Student: **Pavel Pavlica**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení
Téma: **Zařízení pro sběr ropných látek z hladiny vodních toků**
Equipment for Collecting of Oil Products from the Water Courses
Surface

Zásady pro vypracování:

Navrhněte plovoucí sběrač ropných produktů, případně i jiných nečistot z vodní hladiny určený pro likvidaci ekologických havárií. Ekologickou havárií v tomto případě je nutno chápat jako nežádoucí únik ropných produktů do vodních toků nebo stojacích vod (rybníky, přehrady, zatopené výkopy při stavebních a jiných prací apod. Ropným produktem jsou míněny všechny produkty získávané destilací ropy nebo jiné produkty znečišťující životní prostředí s měrnou hustotou vyšší než voda (plovoucí na vodní hladině). Jinými nečistotami se rozumí ropné a jiné nebezpečné látky, které byly zachycené do sorbčních prostředků a spolu s nimi plavou na vodní hladině. Navržené řešení musí splňovat:

- všestranné aplikace na vodní hladině,
- snadný transport – skládací konstrukce,
- použití s podtlakovým (vakuovým) i s peristaltickým čerpacím systémem,
- automatické, případně poloautomatické nastavování výšky sbírané vrstvy z hladiny,
- průtok 5 – 300 l/min.,
- bezproblémové upnutí sací hadice (savice) o délce min. 10 m,
- použití v zóně s nebezpečím výbuchu.

Vypracujte:

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrhovaného zařízení se všemi nezbytnými výpočty.
2. Konstruktivní návrh (návrhy) zařízení.
3. Pevnostní kontrolu důležitých konstrukčních uzlů.
4. Výpočet plovacích schopností (nosnosti) a stability zařízení na vodní hladině a v mírném vodním proudu.
5. Detailní výrobní výkresy jedné z předložených variant řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Grafický návrh řešení zpracované konstrukčním oddělením firmy Zahas s.r.o.
2. Technický výkres a parametry polyetylenového plováku
3. Konkurenční konstrukční řešení obdobných zařízení
4. *Hydraulika-teorie a praxe při zdolávání požárů*. Svazek 31 knihovny požární ochrany (1976)
5. EN-ČSN řešící problematiku nebezpečí výbuchu
6. ČSN 01 6910. *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

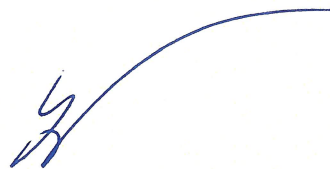
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



doc. Dr.Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20. 5. 2013

Pavel Paulec
.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 20. 5. 2013


.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Pavel Pavlica

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Moravní, 586

Veselí nad Moravou, 698 01

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

PAVLICA, Pavel. *Zařízení pro sběr ropných látek z hladiny vodních toků : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra Výrobních strojů a konstruování, 2013, 72 s. Vedoucí práce: Učeň, O.

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí plovoucího skimmeru, který umožní sbírat z vodní hladiny ropné látky či podobné nečistoty a čerpat je externím čerpadlem umístěným na břehu do připravených nádob. Součástí je teoretický úvod a rešerše podobných výrobků ve světě. Jsou řešeny výpočty plovacích vlastností skimmeru a v návaznosti na to navržena celá konstrukce umožňující regulovat automaticky i dálkově tloušťku sbírané vrstvy. Byl vytvořen kompletní 3D model pro kontrolu komponentů pomocí MKP analýzy, tvorbu výkresové dokumentace a fotorealistické vizualizace. Součástí je i předběžný návod k použití.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

PAVLICA, Pavel. *Equipment for Collecting of Oil Products from the Water Courses Surface : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2013, 72 p. Thesis head: Učeň, O.

This Bachelor's thesis is concerned with the construction of floating skimmers which enable the collection of crude oil-based materials or similar materials and their pumping-off - including similar such materials by pumps located on the banks (of rivers, etc.) into pre-prepared containers. Its components include the theoretical introduction as well as research into similar products in the world. It resolves the calculations of the float-qualities of skimmers, and linked to that, the suggested design of the whole construction enables one to automatically regulate at a distance the thickness of the pumped-off layers. A complete 3D model has been created for the control of components with the aid of FEM analyses, the creation of the underpinning documentation as well as photo-realistic visualisations. An instruction manual is included in this thesis.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	8
Úvod.....	10
1. Teoretický úvod.....	11
1.1 Ropa	11
1.2 Rizika spojená s ropou	12
1.3 Likvidace úniku ropných produktů	15
1.4 Druhy čerpadel	17
1.5 O firmě ZAHAS s.r.o.	20
2. Průzkum trhu	21
3. Nově vyvíjený skimmer	26
4. Ovládání tloušťky sbírané vrstvy	28
4.1 Vysílač.....	28
4.2 Přijímač	29
4.3 Řídící elektronika	31
4.4 Aktuátor.....	31
4.5 Akumulátor	33
4.6 Čidla hladiny	34
4.7 Kynná ložiska.....	37
4.8 Kluzná pouzdra	38
4.9 Plováky.....	39
5. Výpočet přepadové hrany	40
5.1 Bazinův přeliv	41
5.2 Dubuatova rovnice	43
5.3 Limitní hodnoty.....	44
5.4 Porovnání obou metod	46

6.	Plovací vlastnosti skimmeru.....	48
6.1	Hmotnost skimmeru.....	49
6.2	Vztlak sběrné vany.....	49
6.3	Zatížení sběrné vany sbíranou kapalinou.....	51
6.4	Vztlaková síla plováků.....	52
7.	Pevnostní analýza páky pomocí MKP.....	56
7.1	Okrajové podmínky.....	56
7.2	Výsledky.....	61
7.3	Zhodnocení simulace.....	64
8.	Návod k použití skimmeru.....	65
9.	Závěr.....	67
10.	Seznam použité literatury.....	70
11.	Seznam příloh.....	72

Seznam použitých značek a symbolů

C	[N]	Dynamické zatížení ložiska
C_0	[N]	Statické zatížení ložiska
F	[N]	Síla
F_g	[N]	Tíhová síla
F_{gN}	[N]	Tíhová síla kapaliny ve sběrné vaně
F_{gS}	[N]	Tíhová síla skimmeru
F_{VZ}	[N]	Vztlaková síla
F_{VZp}	[N]	Vztlaková síla plováku
F_{VZv}	[N]	Vztlaková síla sběrné vany
Q_b	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Průtok podle Bazina
Q_v	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Průtok podle Dubuatovy rovnice
S	$[m^2]$	Plocha
V	$[m^3]$	Objem
V_v	$[m^3]$	Objem sběrné vany
V_{v1}	$[m^3]$	Objem části vany tvaru kvádru
V_{v2}	$[m^3]$	Objem části vany tvaru jehlanu
a	[m]	Délka sběrné vany
b	[m]	Šířka přepadové (přelivné) hrany vany
c	[m]	Výška rovinné části vany
d	[m]	Výška jehlanové části vany
e	[m]	Vzdálenost hladiny od vrcholu vany
g	$[m \cdot s^{-2}]$	Gravitační zrychlení
h	[m]	Přepadová výška
h_{max}	[m]	Maximální přepadová výška
h_{min}	[m]	Minimální přepadová výška
m_s	[kg]	Hmotnost skimmeru
p_0	[Pa]	Atmosférický tlak
r, s	[m]	Rozměry jehlanu pro odvození
s	[m]	Výška ode dna
t	[°C]	Teplota
v	$[m \cdot s^{-1}]$	Rychlost
w	[–]	Součinitel přepadu pro Bazinův přepad

w_p	[m]	Ponor plováku
Δh	[m]	Rozdíl přepadových výšek
ρ_k	[kg.m ⁻³]	Hustota okolní kapaliny
ρ_N	[kg.m ⁻³]	Hustota nafty
μ	[-]	Součinitel přepadu pro Dubuat. rovnici

Úvod

Kapalné ropné produkty se vyskytují v každodenním životě. Proto se občas přihodí nehody, při kterých se tyto ropné produkty dostanou do volné přírody. Pro případ jejich vylití do vodních toků či nádrží je vhodné použít tzv. skimmer. Je to zařízení, které dokáže sesbírat vrstvu ropné látky, která plave na hladině. Na trhu existuje několik takových výrobků, které se od sebe odlišují technologií sběru a svou konstrukcí. Předmětem této bakalářské práce je návrh konstrukce plovoucího skimmeru. Těch se na trhu nevyskytuje mnoho. Tento typ obsahuje sběrnou vanu, do které vtéká kontaminovaná vrstva plovoucí na vodní hladině. Z vany se kapalina odčerpává přes přírubu a hasičskou hadici připojeným čerpadlem umístěným na břehu do připravených nádob nebo cisteren.

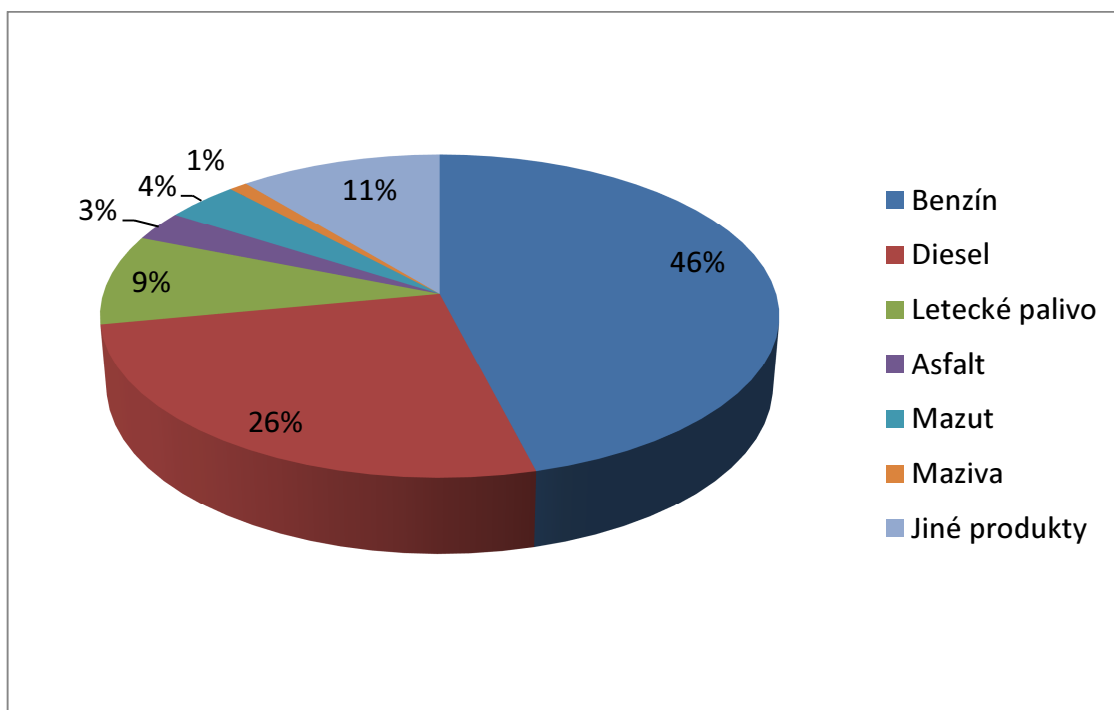
Pracovat na řešení konstrukce tohoto zařízení mi nabídla firma Zahas s.r.o., kterou jsem při hledání tématu bakalářské práce oslovil.

Cílem je vytvořit takový skimmer, aby splňoval zadané parametry. To se týkalo hlavně obsáhnutí rozmezí průtoků, místa použití, funkčnosti s různými čerpadly, snadného transportu a v neposlední řadě regulace tloušťky sbírané vrstvy kapaliny. Podmínkou také bylo využít v konstrukci polyetylenové plováky firmy Zahas.

1. Teoretický úvod

1.1 Ropa

Dnešní dobu je těžké si představit bez strojů a zařízení, které ke svému provozu potřebují kapaliny na bázi ropy. 95 % veškerých potravin je dnes pěstována za přispění ropy, 95 % veškeré dopravy je uskutečňováno díky ropě a 95 % vyráběného zboží přímo potřebuje pro svou výrobu ropu. Tato vysoká čísla potvrzují, že dnešní společnost je postavena na ropě. Ať již jako zdroj transportní energie k pohonu (benzín, nafta, kerosin, různé topné oleje, mazut), mazivo či náplň hydraulických systémů do strojů, ale také přímo jako složka materiálů a výrobků (plasty, asfalt, léky...). Z toho vyplývá, že se tyto produkty petrochemického průmyslu nachází všude kolem nás. Ropa se neobjevuje jen ve svém surovém stavu, ale vyrábí se z ní pomocí kontinuální rektifikace další produkty (viz obr. 1-1). Ty pokrývají tři skupenství. Plynné jsou metan, etan, propan, butan. Dále se oddělují kapalné složky jako petroléter, benzín a jako zbytek toho procesu je asfalt v pevném skupenství, který se používá hlavně na stavbu silnic.



Obr. 1-1 Využití ropy

Ropa je sice přírodního původu, jenže se nachází ve svrchních vrstvách zemské kůry pod nepropustnými vrstvami v hloubkách až 8 km pod zemským povrchem. Její vznik vysvětlují dvě teorie, které si ovšem odporují. Anorganický původ ropy předpovídal

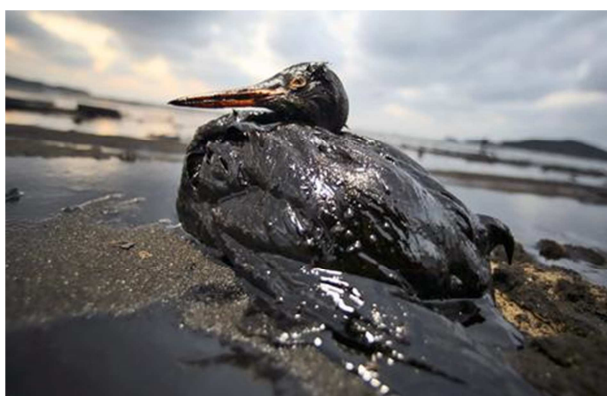
Mendělejev, a to jako působení přehřáté páry na karbidy těžkých kovů, když se vyskytovaly blízko zemského povrchu. Druhá teorie je uznávanější mezi širším okruhem vědců a předpokládá organický původ ropy rozkladem prehistorických živočišných a rostlinných zbytků.

Tabulka 1-1 Složení ropy

Přibližné složení ropy	
Uhlík	84 – 87 %
Vodík	11 – 14 %
Síra	až 4 %
Kyslík	až 1 %
Dusík	až 1 %

1.2 Rizika spojená s ropou

V dřívějších dobách byly sice místa, kde ropa samovolně pronikala na povrch, ale v mnohem větším měřítku je dnes těžena z hlubinných nalezišť různě po světě, jak na souši, tak na moři. V nich se ropa nachází společně se zemním plynem, který ropné ložisko udržuje pod tlakem. Z toho důvodu se událo v historii mnoho havárií ropných plošin. Buď se ropná nehoda udála přímo při těžbě ropy, nebo až při jejím následném transportu. A to jak na moři při nehodách tankerů nebo na souši, když havarovaly dopravní prostředky, které ji převážely s těžkým dopadem na zasaženou přírodu (viz obr. 1-2). Nehody se nevyhýbají ani ropovodům. Z nich unikala ropa následkem technické závady, ale taky se několikrát staly terčem útoku teroristických skupin, zejména v okolí Perského zálivu.



Obr. 1-2 Pták obalený ropou po havárii tankeru

Pro přírodu jsou nejnebezpečnější ropné produkty v kapalném stavu. A to díky tomu, že se neroztýlí, ale rozlejí se do vody nebo vsáknou do půdy. Za nepříznivých podmínek může vsáknutí na pevnině dosáhnout až ke spodním vodám. Kapalně ropné

produkty se nejčastěji nacházejí ve strojních zařízeních. Je snaha tyto stroje konstruovat tak, aby náplně zůstaly hermeticky uzavřeny uvnitř stroje a nedostaly se z něj ven. Bohužel realita jejich provozu je jiná. Těsnění, která mají únikům bránit, časem stárnou a ztrácí svou funkčnost. Následkem toho dochází k únikům těchto kapalin. Tyto běžné úniky jsou ale minimální a často zůstane jen u toho, že znečistí samo zařízení, např. motor.

Daleko větší problém nastává v případech, když dojde k nenadálému úniku většího množství ropného produktu. Důvodem tohoto úniku mohou být různé příčiny. Ať už čistě kvůli selhání stroje nebo následkem lidské chyby při obsluze nebo údržbě. Velmi také záleží na tom, jaká součást selže. Od toho se odvíjí množství, rychlost a typ unikající kapaliny.

Pokud praskne například hydraulická vysokotlaká hadice u bagru, ve které je hydraulická kapalina natlakovaná v ten moment na 30 MPa, uniknou během pár sekund desítky litrů hydraulického oleje. Další příčinou úniku jsou dopravní nehody, hlavně nákladních vozidel. Ty mají své nádrže nechráněné na bocích mezi koly a tak se často při nehodě roztrhnou. Běžný nákladní tahač má nádrže na 1500 litrů nafty. Pokud se uniklé kapaliny dostanou do přírody, mluvíme v tom případě už o ekologické havárii. Uvedu zde dvě největší ropné nehody, které se dostaly do povědomí široké veřejnosti po celém světě:

Deepwater Horizon

Havárie Deepwater Horizon, plovoucí ropné plošiny, kterou pro hlubokomořské vrty využívala společnost British Petroleum (BP), patří mezi jednu z nejhorších ropných katastrof v historii. 20. dubna 2010 plošina pracovala na hlubokomořském vrtu v hloubce asi 1650 metrů, 80 km jihovýchodně od pobřeží Louisiany v Mexickém zálivu. Práce byly již ve své konečné fázi a probíhalo zpevňování vrtu betonem. Kumulací několika chyb (mj. nevhodný beton, nepřesné zalití betonem a interpretování zobrazených hodnot tlaku jako vada čidel) došlo k úniku metanu do prostorů plošiny a následně velké explozi, při které zahynulo 11 pracovníků BP.

Následoval požár, který se nepodařilo uhasit a o dva dny později, 22. dubna se plošina potopila. Bezpečnostní uzávěr na dně, který měl vrt uzavřít, selhal, protože výbuch metanu přetrhal kabely spojující jej s plošinou. Záložní baterie, kterou uzavírací zařízení právě pro tento případ mělo, a byla poslední šancí k zabránění katastrofě, měla nízké napětí. Proto se vrt neuzavřel a začalo z něj unikat velké množství ropy (celkový únik byl 3–5 milionů barelů) a postupně zamořoval pobřežní vody.

Společnosti BP se podařilo únik ropy zastavit až po třech měsících (15. 7. 2010) nasazením 40 tunového zařízení na ústí vrtu a uzavřením jeho ventilů. Dále je plánováno konečné uzavření vrtu jeho zabetonováním. Ropná skvrna, která se po havárii vytvořila, byla největší v dějinách USA (téměř 10 000 km²) a ohrožovala řadu druhů živočichů (viz obr. 1-3).



Obr. 1-3 Hořící plošina Deepwater Horizon

V důsledku této katastrofy uhynulo téměř 6 000 mořských želv, 26 000 delfínů a velryb, 82 000 ptáků a nespočetné množství ryb a bezobratlých živočichů. Rybáři přicházejí o svou obživu. Dříve například lovíli až 14 tun krevet denně, dnes to jsou jen kilogramy. Jako finanční kompenzaci za „období sucha“ jim společnost BP slíbila 20 miliard dolarů, rybáři ovšem zatím obdrželi jen necelé 4 miliardy.

Exxon Valdez

Exxon Valdez bylo jméno tankeru ropné společnosti Exxon Mobil. 24. března 1989 ztroskotal při aljašském pobřeží a z jeho roztrženého trupu uniklo do oceánu přes 40 milionů litrů ropy. Ropná skvrna zanedlouho zasáhla pobřeží. Tato nehoda měla na svědomí životy až 250 000 mořských ptáků, 2 800 mořských vyder, 300 tuleňů, 22 kosatek a miliardy jiker lososů. Ropa také v okolí zničila většinu planktonu. Možnost udělat si představu o velikosti tankeru dává obr. 1-4.



Obr. 1-4 Pohled na tanker Exxon Valdez

Likvidace škod se zúčastnilo 11 000 lidí a stála téměř 3 miliardy dolarů. Tanker byl odtažen a opraven, ale pobřeží zůstalo znečištěné. Od potopení nechvalně známého tankeru Exxon Valdez již uběhlo více než 20 let, ale v zálivu Prince Williama zpod kamenů stále uniká ropa.

1.3 Likvidace úniku ropných produktů

Hustota většiny kapalných ropných produktů je nižší, než hustota vody. Z toho plyne velká výhoda při likvidaci – a to, že pokud únik nastane na vodě (nebo se dostane na vodní plochu), vytvoří se film, který plave na hladině. Na druhé straně má ovšem tato vlastnost závažné důsledky pro živočichy a rostliny, pohybující se u vodní hladiny nebo kteří přijdou s vodní hladinou do kontaktu. Pokud se jedná o havárii ropné plošiny nebo tankeru, do moře se uvolní obrovské množství ropy a následky jsou obrovské. Avšak velkým problémem jsou také úniky mnohem menší a častější, vzhledem k tomu, že ropné produkty obsahují stroje buď ve formě provozních kapalin, nebo jako náklad. Tyto nehody mohou mít také řadu příčin. Úniky často nastávají při nehodách vozidel na pozemních komunikacích. Opominu-li zanedbatelné množství elektromobilů, každé vozidlo si v nádrži veze určité množství paliva, ať už benzínu nebo nafty. Při nárazu se může stát, že se nádrž poškodí a palivo vyteče. V případě nádrží běžných automobilů mluvíme řádově o desítkách až stovkách litrů (v případě nákladních aut). V případě letecké nehody může být obsah paliva mnohem větší v závislosti na typu letadla. Velká proudová dopravní letadla

mají nádrže na desítky tun leteckého benzínu. Další závažnou možností kontaminace přírody jsou hydraulické systémy, v nichž je hydraulický olej pod velkým tlakem.

Všechny tyto nehody se musí co nejrychleji odstranit. Problematika havarijního znečištění vody a půdy je v České republice řešena zákonem č. 138/1973 Sb., o vodách (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů. Uvedený zákon v § 26 definuje pojem havárie jako mimořádné závažné zhoršení, popřípadě ohrožení jakosti povrchových nebo podzemních vod. Každý únik závadných látek není nutné považovat za havárii. Musí se především týkat jakosti povrchových a podzemních vod, přičemž povrchovými vodami jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu, podzemními vodami jsou vody v zemských dutinách a zvodnělých vrstvách zemských.

Za havárii podle naší environmentální legislativy můžeme považovat následující situace:

- Havárie je stav, kdy již došlo, anebo může dojít k ohrožení kvality (složení nebo teplota) povrchové nebo podzemní vody.
- O havárii se jedná i v případech, kdy došlo k úniku závadných látek nebo k technické poruše a nedošlo přitom k ohrožení povrchových nebo podzemních vod.
- Havárií jsou všechny případy zhoršení nebo ohrožení jakosti vod, které byly způsobeny vybranými látkami (ropa, radioaktivní látky) nebo v určených lokalitách (ochrana pásma vodních zdrojů apod.).

Vzhledem k tématu bakalářské práce se zaměřím na případ, kdy se znečišťující kapalina vyleje do vody. Ať už únik nastane ze zařízení, které je přímo na vodě, jako například loď, vodní bagry pro těžbu šterku apod. nebo kapalina unikne ze zařízení na souši, ale dostane se k vodě. To může nastat prosáknutím skrz půdu až ke spodním vodám nebo stečením do vodního toku či nádrže.

Ropné látky mají většinou menší měrnou hmotnost, proto plavou na hladině. Při likvidaci je nejprve nutno je co nejrychleji plošně ohraničit. K ohraničení a omezení znečištění se nejčastěji používají různé typy překážek, konstruovaných na principu norných stěn. Jejich použitelnost a efektivita účinku závisí na rychlosti proudění vody a na vlnách. Při pohybu ropné látky na hladině se uplatňují dva hlavní aspekty: Vazkost vody spolu s ropnou látkou a dynamické účinky překážky. Pro efektivní zadržení je nutná

podmínka stability rozhraní mezi ropnou látkou a vodou. Jinak se tvoří emulze, která proniká pod nornou stěnou bez ohledu na hloubku ponoření norné stěny. Stejný účinek má vyšší rychlost proudění vody, vítr, vodní víry apod. Účinnost norných stěn je možné zvýšit zařazením několika stěn za sebou na jednom profilu.

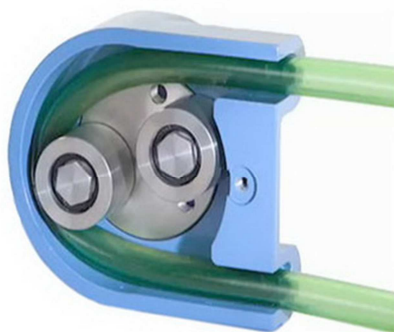
Po zachycení a ohraničení znečišťující skvrny je potřeba tuto vrstvu co nejrychleji odčerpát čerpadly. K tomuto úkonu se na trhu objevují zařízení (skimmery) založené zpravidla na některém ze dvou principů. Buď pásový nebo plovoucí skimmer. Pro čerpání se využívají podtlaková nebo peristaltická čerpadla.

1.4 Druhy čerpadel

Dle zadání je nutné, aby nově vyvíjený skimmer bylo možné použít spolu s podtlakovým (vakuovým) i peristaltickým čerpadlem. Oba tyto druhy čerpadel mají svá specifika, proto je potřeba přizpůsobit konstrukci jejich použití.

Peristaltické čerpadlo

Jedná se o objemové čerpadlo pro čerpání kapalin. Pracuje na principu paměti materiálu, ze kterého je vyrobena trubice čerpadla, která je pružná, ale dostatečně silnostěnná. Ta je při provozu cyklicky stlačována a uvolňována. Proti stěně ji stlačují kladky, které se otáčejí. Ve stlačeném místě musí být hadice zcela neprůchozí. Protože kladky po hadici postupují, tlačí uzavřený úsek hadice před sebou a tím i kapalinu, která je v tomto úseku obsažena do výtlačného potrubí. Za kladkou se hadice vlastní silou opět vrací do původního tvaru. Tím vzniká podtlak, který do vzniklého prostoru za kladku nasává další kapalinu, až do doby, než je tento úsek následující kladkou sevřen, utěsněn a oddělen tak od vody v sacím přívodu. Podmínkou je, aby alespoň jedna kladka hadici svírala a nenastala situace, že by byly obě kladky mimo hadici (viz obr. 1-5).



Obr. 1-5 Peristaltické čerpadlo

Mezi hlavní výhody patří volitelná odběrová rychlost, to, že čerpaná látka přichází do kontaktu jen s vnitřní stranou hadice a nikoliv se samotným čerpadlem, snadné čištění a poměrná jednoduchost konstrukce. Proto se tento typ čerpadla používá ve velkém měřítku ve zdravotnictví např. při dialýze, kdy se přes něj čerpá krev pacienta. Je také vhodné pro čerpání kontaminované vody.

Výhody

- Má samonasávací schopnost
- Má neomezenou dobu provozu nasucho bez kapaliny
- Nezavzdušňuje se a případných bublin obsažených v kapalině se dokáže zbavit
- Nepotřebuje výtlačný ventil (voda se po zastavení zpět nevrací)
- Nevadí mu znečištěná voda ani abrazivní částice
- Nevadí mu zamrznutí, po roztání je opět schopné funkce (pokud to snese přívodní potrubí)
- Ve styku s kapalinou nejsou mimo hadici žádné zdravotně závadné materiály, může bez újmy čerpat pitnou vodu nebo i silně agresivní kapaliny, pokud to materiál hadice dovoluje
- Jsou-li kladky a ložiska ze samomazného plastu, nevadí čerpadlu povodně a může dál pracovat i pod vodou
- Pracuje velmi tiše a bez rázů
- Je velmi levné a snadno i amatérsky vyrobitelné

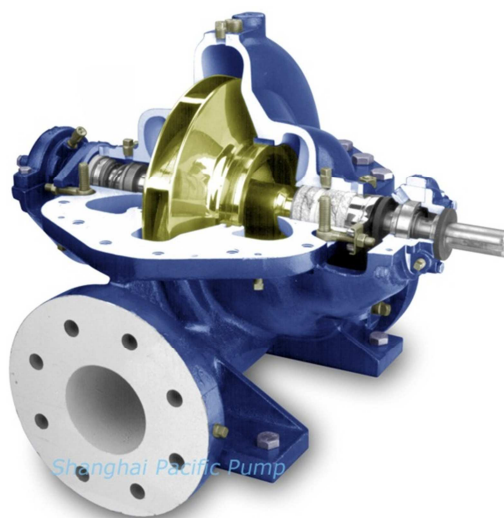
Nevýhody

- Potřebuje nízké otáčky cca 30 – 200 ot/min (nelze jej pohánět přímo elektromotorem ani malou rychloběžnou turbínou)
- Nesnese uzavřený výtlač – voda musí mít možnost stále odtékat
- Má poměrně nízkou energetickou účinnost
- Životnost je omezena životností hadice
- Sací výška je omezena pružností hadice a její schopností získat původní tvar (cca 1 m)
- Výtlačná výška je omezena pružností hadice a její pevností (cca 6 – 8 m)
- Ztráta pružnosti hadice omezuje použití nebo snižuje výkon za chladného počasí

Odstředivé čerpadlo

Je druhem podtlakového čerpadla. U hasičských složek je většina čerpadel tohoto typu. Výhodami jsou velká spolehlivost a velmi dobré vlastnosti pro čerpání vody, ať již čisté nebo znečištěné. Znečištěnou vodou se rozumí zakalená, bahnitá či znečištěná voda, kde pevné části obsažené v kapalině mají malé rozměry. Existuje i varianta odstředivých čerpadel zvaná Vortex, které umožňují čerpat kapalinu s částicemi velkými až 4 cm. Hodí se pro kontinuální čerpání. Neumožňuje definovat přesné množství dopravovaného objemu na otáčku, protože průtok se mění nejen s rychlostí otáčení, ale i s protitlakem, který proti směru proudění generuje potrubí za čerpadlem.

Princip funkce vychází z využití odstředivé síly, která působí na kapalinu jako následek rotačního pohybu. Ten je vytvářen rotujícím oběžným kolem se zahnutými lopatkami. Ty se paprskovitě rozbíhají od středu a kapalině, která na ně přitéká od středu oběžného kola sacím otvorem, udělují rotační pohyb. Tvarovými úpravami je vystupující kapalina zbrzděna a její kinetická energie se tak převádí na tlakovou (viz obr. 1-6).



Obr. 1-6 Částečný řez odstředivým čerpadlem

Běžná odstředivá čerpadla mají z principu své funkce jen slabý sací efekt. Proto je nutné, aby byla při provozu zavodněna, a to včetně sacího potrubí. Z tohoto důvodu musí být na skimmeru regulace, aby se voda z vany úplně neodčerpala. Čerpadla existují i v tzv. samonasávacím provedení, ale díky regulaci bude možno skimmer provozovat i na běžných odstředivých čerpadlech.

1.5 O firmě ZAHAS s.r.o.

Firma ZAHAS s.r.o. vznikla zápisem do obchodního rejstříku v dubnu roku 1994. Již od samého počátku historie bylo hlavním mottem firmy postupně vybudovat výrobně-dodavatelskou firmu, která by svým sortimentem nabízeného zboží byla schopna uspokojit zejména veškeré požadavky profesionálních a dobrovolných hasičských sborů a záchranných jednotek. Od tohoto záměru byl odvozen i název firmy ZAHAS s.r.o. – Záchrané Hasičské Systémy.

V současné době firma nabízí řádově několik stovek různých technických prostředků, výstroje a výzbroje pro hasičské a záchranné jednotky. Nepřímo, formou zpracování "know-how", se podílí na výrobě hasičských vozidel, přetlakové ventilace, odsávačů kouře, dekontaminačních zařízení, výcvikových trenažérů, plovoucích čerpadel apod.

Počátkem roku 2002 zahájila firma vlastní výrobu zásahových oděvů, pracovních stejnokrojů, triček a dalších výstrojních součástek. Všechny výrobky jsou vyráběné v souladu s ČSN-EN. Při své obchodní a výrobní činnosti firma spolupracuje s celou řadou tuzemských a zahraničních firem. Firma zaměstnává 28 zaměstnanců, spolupracuje s externími projektanty a své produkty nabízí pomocí internetového obchodu a sítě partnerských distributorů. Sídlí v Lipníku nad Bečvou (viz obr. 1-7).



Obr. 1-7 Sídlo firmy ZAHAS s.r.o.

2. Průzkum trhu

Na trhu se již objevuje několik zařízení pro čerpání znečištěné vrstvy z vody. Jejich konstrukce využívají fyzikální zákony gravitace a povrchového napětí. Popíši zde několik základních typů skimmerů.

Největší zastoupení mají zařízení pásového typu. Obsahují pás z nerezové oceli. Fungují na principu využívání rozdílů v hustotě a povrchového napětí vody a ropného produktu. Tyto fyzikální vlastnosti umožňují na pás přitahovat a následně na něm odvádět olej a další uhlovodíkové kapaliny z vodní hladiny (viz obr. 2-1).



Obr. 2-1 Pásový skimmer

Výhodou těchto zařízení je velká efektivita vzhledem k tomu, že na pásu ulpívá téměř stoprocentní olej. Fungují tak, že pás, který je poháněn elektromotorem, prochází kontaminovanou kapalinou, kde na něm ulpí ropné produkty. Poté u motoru projde přes kladky a čepele tandemových sběračů, které z něj setrou ropu či olej. Ten pak odteče do připravené nádoby a očištěná část pásu se opět vrací do kontaminované kapaliny.

Nevýhodou je nutnost upevnit konstrukci s motorem, stěračem a nádobou. A to při použití v terénu to může znamenat problém.

Další variantou tohoto zařízení je bubnový sběrač. Funguje na podobném principu jen s tím rozdílem, že činnost pásu obstarává jeden či více rotujících bubnů. Ty se otáčejí v kontaminované vodě a nabalují na sebe film se znečišťující látkou. Sběrače ji opět setrou do připravené nádoby a očištěný buben dále sbírá. Problém u nich nastává v případě

kolísání úrovně hladiny, neboť v případě nárazu na dno může dojít k poškození bubnů (viz obr. 2-2).

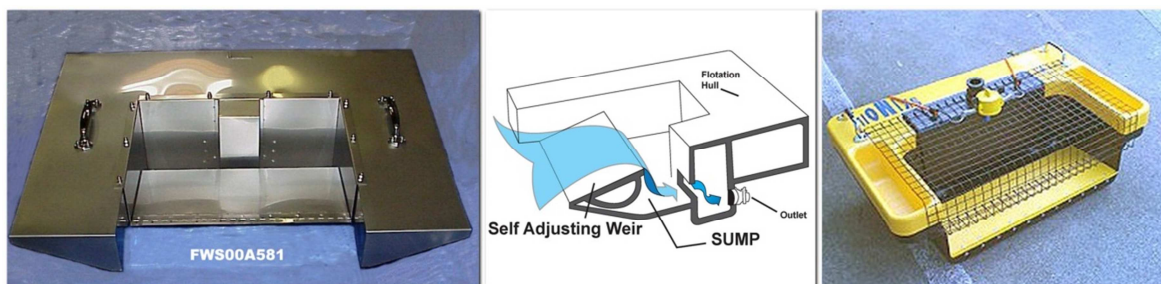


Obr. 2-2 Bubnový skimmer

Mopový typ využívá speciální typ lana. To při ponoření nasaje kapalinu s nečistotami a vytáhne se k pohonné jednotce, kde je přítlačnými válci vyždímáno. Nevýhodou je, že při sbírání oleje s vysokou viskozitou má lano tendenci se třepit. Navíc je výměna lan poněkud nákladná.

Plovoucí čerpací olejové skimmery jsou nejlepší variantou pro sbírání vrstvy na vodní hladině. Jejich součástí jsou plováky, které je drží na hladině. Obsahují vanu, do které přepadem přitéká znečištěná vrstva a z ní je následně čerpána externím čerpadlem na břeh.

V zámoří vyrábí nejvíce plovoucích skimmerů firma Skimoil (viz obr. 2-3). Plechová konstrukce výrobku „Floating weir skimmer“ spočívá v jedné přepadové hraně, která se nastavuje dle množství čerpané tekutiny. Uvnitř se nachází přepážka, přes kterou se přepadem olejový film filtruje podruhé. Vyrábí se v rozsahu 5 – 400 gpm (gallons per minute), což odpovídá přibližně 19 až 1514 l/min. Nevýhodou je problematická regulace a udržení konstantní tloušťky sbírané vrstvy.



Obr. 2-3 Skimmery firmy Skimoil

Dále firma Skimoil vyrábí automatický sběrný skimmer s plovoucí hranou – Automatic Floating Weir Oil Skimmer. Jsou to rozměrná zařízení, která obsahují velkou nádrž, která se plní nasbíranou směsí oleje a vody. Funguje na principu odstátí vody. Po uklidnění se voda, která klesne do spodní části nádrže, čerpá zpět do okolní vody a v nádrži pak zůstane koncentrovaná ropa či olej. Ta se pak po dosažení určité úrovně cyklicky čerpá na loď nebo na břeh. Toto řešení má tu výhodu, že není nutné konstantní čerpání. Nevýhodou je ovšem velká velikost skimmeru (viz obr. 2-4).



Obr. 2-4 Automatic Floating Weir Oil Skimmer

Na evropském trhu se také objevuje několik skimmerů. Jedním z nich je olejový sběrač REO AMOS II. Má po stranách 2 plováky, mezi nimiž je jedna sběrná hrana délky 500 mm. Zanořování se provádí posouváním vyvažovacího závaží v horní části konstrukce. Průtok se pohybuje v rozmezí 5 – 200 l/min. Rozměry tohoto produktu jsou 1000 x 500 x 350 mm při hmotnosti 48 kg. Cena je na vyžádání. (viz obr. 2-5)



Obr. 2-5 Reo Amos II

Druhým zástupcem evropského trhu je OELA III německého výrobce Kaiser (viz obr. 2-6). Zde se nacházejí 4 nosné plováky po obvodu a jedna kruhová nádoba mezi nimi, do které přitéká tekutina po celém obvodu nádoby. K této nádobě je pryžovým prstencem připevněna hrana s dalším plovákem. Hrana se tak může v určitém rozmezí pohybovat volně vůči hlavní nádobě. Prvotní nastavení tloušťky sbírané vrstvy se provádí nalitím ekologického oleje do středové nádoby tak, aby sbíraná vrstva měla cca 2 mm. V průběhu čerpání se hrana nastavuje automaticky pomocí vztlaku. Středový plovák totiž plave v hlavní nádobě, a protože je napevno spojen s hranou, se zvedající / klesající hladinou v nádobě pohybuje s přepadovou hranou. Pokud například hladina v nádobě klesne, plovák stáhne níž i hranu, a tím se zvětší přepad, aby se hlavní nádoba nevyčerpala. Průtok se podle výrobce pohybuje v rozmezí 100 – 400 l/min. Jde také složit pro snadnější transport. Nevýhodou je ovšem poněkud vyšší cena, která se pohybuje okolo 150 000,- Kč.



Obr. 2-6 Kaiser Oela III

Firma ZAHAS už také vyrábí plovoucí sběrač, ale docela odlišné konstrukce než předchozí. Má obchodní název „Ropák.“ Plave na hladině jako předchozí, ale na rozdíl o něj má nainstalovaný spalovací motor Honda GCV 160 (GCV 190) s čerpadlem. Je tak v tomto ohledu samostatný a připojuje se jen hadice, která ústí do připravených nádob nebo kontejnerů na břehu. U zařízení ovšem musí být obsluha, která s ním ve vodě za pomoci rukojeti pohybuje a naklápěním může navíc ovládat hloubku sběru. Velikost nasávaných částic je daná sací mřížkou čerpadla (cca 15 mm). Sestavení zařízení je jednoduché – ke sběrači se jen připevní rukojeť a rozevřou se ramena, která pomáhají lepšímu usměrnění toku odstraňovaných částic nebo kapaliny do sběrače. Hmotnost činí cca 15 kg (viz obr.2-7).

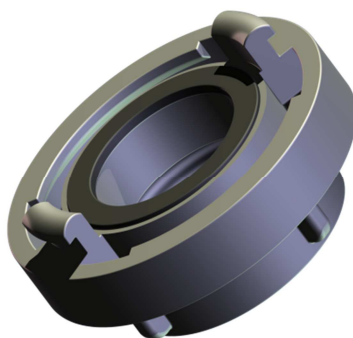


Obr. 2-7 Ropák

3. Nově vyvíjený skimmer

Skimmer, který je výsledkem této bakalářské práce má plovoucí konstrukci. Bude umožňovat nasazení na znečištěných stojatých i pozvolna proudících vodách. Konstrukcí se podobá katamaránu. Plováky, na kterých bude plavat, jsou unifikované konstrukce, používané již ve firmě Zahas na plovoucích čerpadlech. Použít tyto plováky bylo jedním z požadavků.

Sběrná vana, do které vtéká kontaminovaná voda, má čtvercový tvar, dole se sbíhající do výpustě, na které se nachází normalizovaná savice typu C52 (viz obr. 3-1). Na ni je možno připevnit běžnou hasičskou hadici.



Obr. 3-1 Savice C52

Vana má 2 přepadové hrany, každá o délce 400 mm. Celá vana se může pohybovat ve svislém směru, aby byla zajištěna variabilní výška přepadu. Ta je zásadním prvkem celé konstrukce. Šířka přepadové hrany spolu s výškou přepadu určuje průtok. Jeho velikost musí obsáhnout požadované hodnoty 5 až 300 l/min. Výpočet je proveden v kapitole (5.).

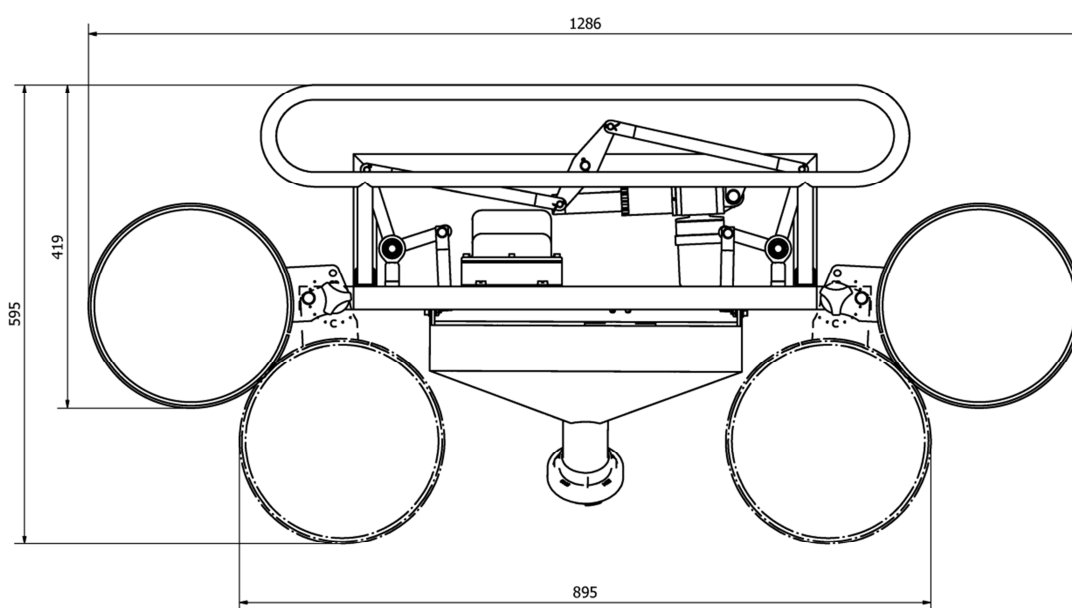
Akčním členem, který s vanou pohybuje, je elektrický aktuátor. Jeho činnost bude řízena elektronicky s možností ručního dálkového zásahu. To tento skimmer dělá unikátním v porovnání s ostatními, které umožňovaly nastavit tloušťku sbírané vrstvy jen před spuštěním na vodu nebo u něj musela být obsluha a ručně jej přestavovat.

Uvnitř vany se nacházejí 2 limitní čidla hladiny. Jsou umístěna uvnitř uklidňovací nádoby, aby se zabránilo falešným impulsům v případě šplouchání kapaliny uvnitř vany. Čidla jsou připojena k řídicí elektronice.

Mechanismus přenosu síly z aktuátoru na vanu je systémem pák. Nosnou kostru budou tvořit dva hlavní nosníky. Horizontální a vertikální. Hlavní horizontální rám bude

svařen z L profilů do tvaru obdélníku. Na něj bude navařena vertikální část rámu z jáckel profilů. To zajistí dostatečnou tuhost rámu.

Vzhledem k neskladným tvarům skimmeru bylo požadováno, aby se pro transport dala jeho šířka zmenšit. V úvahu připadaly dvě možnosti. Buď skimmer rozkládat na několik menších dílů nebo uplatnit skládací mechanismus. Vzhledem k tomu, že Zahas již má vlastní systém rychlého sklápění plováků, implantoval jsem jej taky na skimmer. Bylo ovšem nutno změnit tvar polohovadel, aby se úhel sklápění zvětšil z původních 60° na 90°. Při sklopení plováků do transportní polohy se šířka skimmeru zmenší o více než 30 % na přijatelných 895 mm (viz obr. 3-2).



Obr. 3-2 Schéma sklápění plováků

4. Ovládání tloušťky sbírané vrstvy

V průběhu čerpání nastává potřeba měnit operativně tloušťku sbírané vrstvy. Aby se pro nastavení nemuselo přerušovat čerpání, skimmer vytahovat na břeh, tam jej přenastavit a znovu spouštět na vodu, rozhodl jsem se jej vybavit zařízením pro dálkové ovládání sbírané vrstvy. Obsluha musí mít vizuální kontakt s nádobou, do které se bude čerpat. Tak uvidí, jaký je poměr nasátých nečistot k vyčerpané čisté vodě a může operativně tloušťku sbírané vrstvy upravit na dálku.

V úvahu připadaly dvě varianty. Buď ovládání přes kabel, nebo bezdrátově. První varianta má zřejmou nevýhodu, že skimmer není samostatnou jednotkou a skládal by se ze dvou částí. Jednou by byl samotný skimmer a druhá část s akumulátorem a ovládacím pultem by byla na břehu. Nastává tak problém při přemísťování na jiné místo čerpání. Dále by byla možnost poškození kabelu. Vzniklo by tak nejen riziko, že se elektronika zkratuje a poškodí, ale hlavně by to mělo za následek jiskření. A to vzhledem k požadavkům není přípustné.

Proto jsem se rozhodl pro řešení bezdrátové. To nebude skimmer limitovat v pohybu po vodní hladině a navíc lze elektroniku umístit a utěsnit v nepropustných krytech. K ovládání bude sloužit miniaturní dálkové ovládání, které se lehce schová do kapsy. Obsluha se tak může naprosto volně pohybovat a nemusí nosit ještě silový akumulátor.

4.1 Vysílač

Vysílač bude skutečně miniaturní jako klíčenka. Má líbivý design, špičkovou kvalitu a kovové tělo. Je opatřen karabinou (viz obr. 4-1). Činnost je indikována modrou LED diodou. Obsahuje pouze dvě tlačítka – pro směr nahoru a dolů. Původně je určen pro ovládání dveří či vrat, proto má v sobě i kódér s plovoucím kódem Keelog. To zajistí, že přijímač nebude ovlivňován dalšími zdroji rušení případně se nacházejícími v okolí na stejné frekvenci. Jeho technické údaje jsou v tabulce 4-1.



Obr. 4-1 Vysílač

Tabulka 4-1 Technické údaje vysílače

Technické údaje	
Výrobce	Flajzar
Typ	KV2TX
Počet tlačítek (kanálů)	2
Pracovní frekvence	433,92 MHz
Dosah ve volném prostoru	až 60 m
Rozměry	52 x 32 mm
Napájení	2x baterie CR2016
Cena	290 CZK (vč. DPH)

4.2 Přijímač

Sestavený modul přijímače využívá mikroprocesoru a hybridního přijímacího modulu s plovoucím kódem. Tím je celá konstrukce jednoduchá a spolehlivá. Napájení přijímače je 12V stejnosměrných (filtrované napětí). Na výstupu jsou dvě relé se spínacími kontakty 250V / 5A. Jako anténa je použit běžný lankový vodič o délce 17cm. Poloha antény výrazně ovlivňuje dosah. Do přívodního vedení se vloží vypínač, protože přijímač má malý odběr i v klidovém režimu. Modul se umístí do plastového pouzdra, které nabízí taktéž firma Flajzar za 39,- Kč. Při montáži je nutno vložit těsnění a upravit jej jako voděvzdorné, aby se eliminovala možnost vniknutí vody.

Tabulka 4-2 Technické údaje přijímače

Technické údaje	
Výrobce	Flajzar
Typ	KH2RX-SMD
Napájecí napětí	12 V (10 – 14 V) stejnosměrné
Odběr proudu	relé ndrží: max. 10 mA (zdroj 0,6 W)
	drží obě relé: max. 50 mA
Frekvence	433,92 MHz

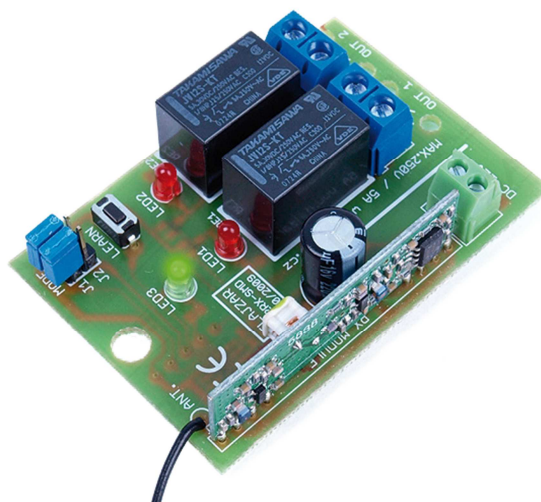
Typ výstupu	kontakt relé
Zatížení výstupu	max. 250 V/5A
Rozměry modulu	42 x 61 mm
Rozsah pracovní teploty	- 20°C až +50°C
Cena	390 CZK (vč. DPH)

Na tištěném spoji přijímače se nacházejí dvě propojky (jumpery) označené J1 a J2. Kombinací jejich propojení se nastaví režim, v jakém budou relé pracovat. Zde v tabulce 4-3 je přehled možných nastavení:

Tabulka 4-3 Nastavení přijímače pomocí jumperů

Režim relé	Stav propojky J1	Stav propojky J2
Odpovídající relé je sepnuto jen na 0,8 s. Bez ohledu na čas držení tlačítka na vysílači.	Rozpojena	Rozpojena
Odpovídající relé je střídavě zapínáno a vypínáno.	Spojena	Rozpojena
Je ovládáno pouze 1 relé. Jedním tlačítkem na vysílači sepnuto, druhým tlačítkem rozepnuto.	Rozpojena	Spojena
Odpovídající relé drží jen po dobu držení tlačítka na vysílači (časově omezeno na 25 s).	Spojena	Spojena

Při prodeji bude již vysílač s přijímačem spárován a nastaven. Může se ale stát, že je z nějakého důvodu potřeba přijímač nastavit v průběhu provozu (např. při ztrátě vysílače a koupě nového). Postup je následující: Nejprve je doporučeno paměť na přijímači vymazat stlačením tlačítka LEARN po dobu 5 vteřin. Poté se může provést samotné spárování. Krátce se stiskne tlačítko LEARN na přijímači. Následně se stiskne tlačítko na vysílači, který chcete spárovat s přijímačem. Pokud bylo uložení do paměti úspěšné, problikne zelená LED3. Učící režim je následně sám ukončen. Stejný postup lze provést i pro další vysílače. Skimmer lze ovládat i více různými vysílači. Jejich maximální počet je 15. Pohled na přijímač je na obr. 4-2.



Obr. 4-2 Přijímač

4.3 Řídící elektronika

Konstrukce řídicí elektroniky není předmětem řešení této bakalářské práce, jde mimo můj obor. Požadavky jsou ovšem takové, aby udržovala hladinu ve sběrné vaně mezi oběma čidly. Čidla elektronice dodají informace o překročení limitní hodnoty, což by mělo vyvolat pohyb aktuátoru a následnou korekci sběrné hrany. Jinými slovy, v případě, že delší čidlo zaregistruje pokles hladiny pod minimální úroveň, elektronika vydá signál aktuátoru, který vanu (potažmo přepadovou hranu) lehce sníží. Tím se zvětší přepadový průtok a hladina ve vaně začne stoupat. A to za neustálého odtoku do čerpadla. Naopak v případě obdržení signálu od kratšího čidla v momentě, kdy se hladina nachází v maximální výšce, aktuátor vanu lehce pozvedne. Tím se sníží přepad, odtok bude převažovat a hladina začne klesat. Tento systém je nutný, protože není možné nastavit, aby se přítok přes hranu rovnal odtoku do čerpadla. Dříve či později by se kapalina z vany buď vyčerpala, nebo by se vana naopak celá zaplavila.

Aktuátor je zapojen přes přijímač tak, aby šlo do tohoto cyklu kdykoliv ručně zasáhnout. Ovšem v ideálním případě se přítok bude přibližně rovnat odtoku. Tak bude potřeba minimální regulace, z čehož vyplývá přesnější sběr a v neposlední řadě šetření elektrické energie v akumulátoru.

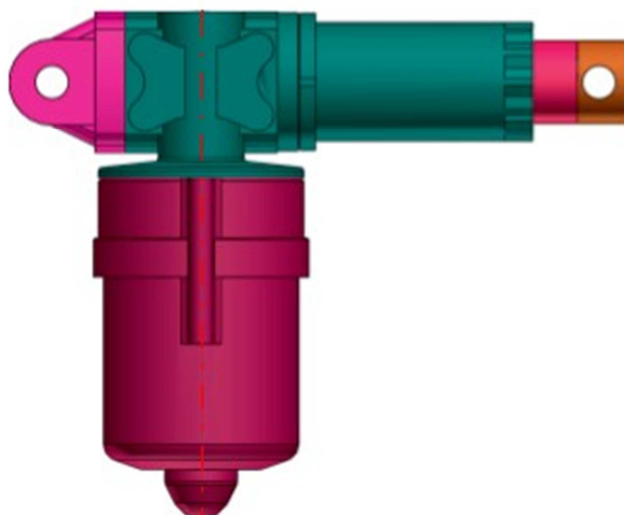
4.4 Aktuátor

Hlavním akčním členem pro pohyb vany je elektrický stejnosměrný aktuátor ALI2 od italské firmy MecVel, zastoupenou pro Českou republiku firmou Raveo. Technické parametry tohoto aktuátoru jsou seřazeny v tabulce 4-4.

Tabulka 4-4 Parametry aktuátoru ALI2

MacVel ALI2 – Technické parametry	
Označení	ALI2/0060-M07/CC-T-12-59-3000/P1/A1
Distributor	Raveo
Zdvih	60 mm
Rychlost	10 mm/s
Síla	2500 N
Elektromotor	Stejnoseměrný
Napájení	12 V DC
Lineární posuv	Trapézový šroub
Tělo	Kovové pochromované
Mazivo	Permanentní
Pracovní teplota	-10°C až +60°C
Krytí	IP 65
Ex certifikát	Ano
Koncové spínače	Ano
Cena	6 132 CZK (bez DPH)

Aktuátor slouží pro lineární silový přenos. Ten je zajištěn elektrickým stejnosměrným motorem, který je spojen s převodovkou. Změna rotačního pohybu na lineární, resp. změna krouticího momentu na lineární sílu je u tohoto aktuátoru řešena pomocí pohybového šroubu s trapézovým závitem. Konkrétní řešení je takové, že se otáčí šroub a matice je pevně uchycena ve výsuvné noze, která umožňuje axiální pohyb (viz obr. 4-3).

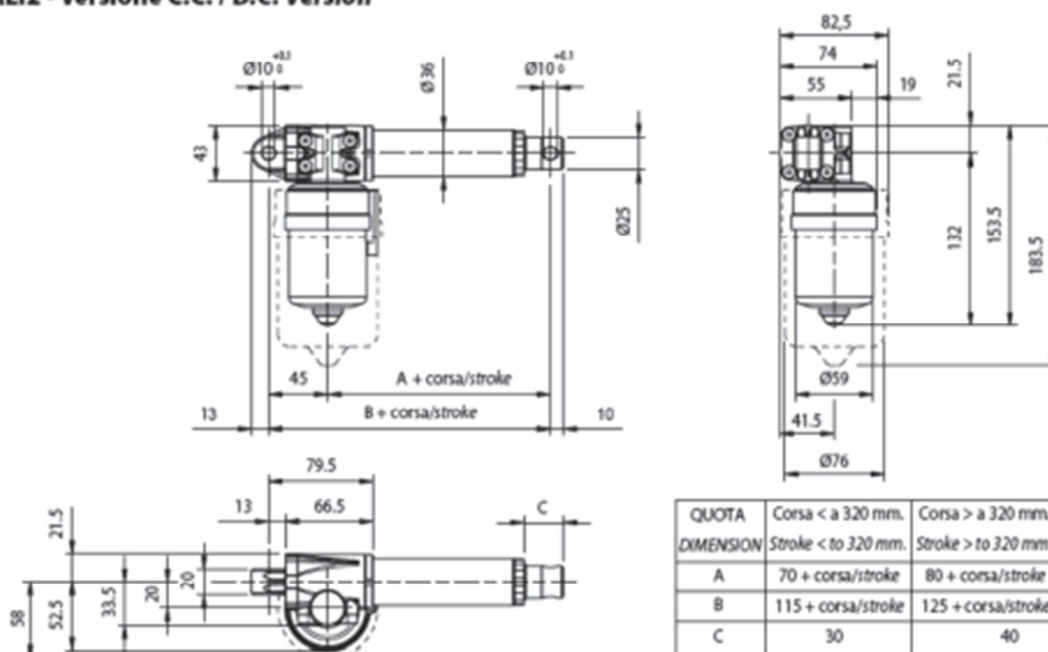


Obr. 4-3 Model aktuátoru ALI2

Zatížení výsuvné nohy může být pouze v axiálním směru, jinak při větší síle mimo axiální osu může nastat poškození aktuátoru. Toto je ošetřeno konstrukcí skimmeru.

Konstrukce je vytvořena co nejvíce symetricky, aby nevznikaly přidavné ohybové síly. A navíc je aktuátor zabudován tak, aby případné ohybové síly nezatežovaly rameno aktuátoru. Rozměry aktuátoru jsou na obr. 4-4.

ALI2 - versione C.C. / D.C. Version



Obr. 4-4 Schéma aktuátoru

Kontaktní informace firmy Raveo s.r.o.: tř. Tomáše Bati 332, 756 02 Otrokovice, Česká republika. Tel/fax: +420-577 663 875, www.raveo.cz. Standardní doba dodání aktuátoru je 5-6 týdnů od objednání.

4.5 Akumulátor

Zdrojem elektrické energie pro elektroniku a aktuátor bude akumulátor. Je primárně určen jako záložní zdroj pro UPS systémy v případě výpadku elektrické sítě. Zde bude ovšem použit jako běžný akumulátor.

Jedná se o gelový akumulátor, jehož napětí je 12 V a kapacita 6,4 Ah. (viz obr. 4-5). Rozměry jsou vhodné pro zabudování na nosnou desku elektroniky ve skimmeru. Jeho umístění se doladí tak, aby celý skimmer byl vyvážený. Proti horizontálnímu posuvu bude zajištěn plechovými patkami. K těmto patkám se připevní gumičky, které se natáhnou přes akumulátor a budou jej pružně držet na své pozici. Skimmer nebude vykonávat pohyby s velkým přetížením, proto zajištění pomocí gum stačí. Navíc lehce pružné uložení

je pro životnost akumulátoru přínosné, protože nebude absorbovat případné rázy. Celá elektronika včetně akumulátoru bude na desce přes těsnění hermeticky uzavřena krytem. Zabrání se tak vniknutí kapaliny a případnému poškození zařízení.



Obr. 4-5 Akumulátor řady HR

Vyrábí jej výrobce CSB Battery. Řada akumulátorů HR, do které tento akumulátor spadá, je speciálně vytvořena pro aplikace s vyšším stupněm vybíjení. Tato řada je vytvořena jako malá a lehká baterie, se servisní životností 3 až 5 let v režimu „standby“ nebo pro více jak 260 cyklů vybití. Díky své inovované konstrukci se zvýšil výkon řady HR o více jak 20% oproti ostatním porovnatelným produktům. Tak jako ostatní baterie od CSB, jsou i tyto akumulátory bezúdržbové, vysoce účinné, uzavřené a pracující v jakékoli poloze. Parametry akumulátoru jsou v tabulce 4-5.

Tabulka 4-5 Technické údaje akumulátoru

Technické údaje	
Typ	CSB HR1224W F1F2
Napětí	12 V
Kapacita	6,4 Ah
Životnost	4-6 let
Rozměry	151 x 51 x 98,3 mm
Hmotnost	1,95 kg
Výrobce	CSB Battery
Cena	529 CZK (bez DPH)

4.6 Čidla hladiny

Aby mohla řídicí elektronika správně fungovat a automaticky ovládat přepadovou hranu, jsou zapotřebí snímače hladiny, které budou snímat výšku hladiny. Ty budou elektronice dodávat potřebná data.

Z důvodu konstrukce některých čerpadel je nutnost udržovat výtok z vany neustále zaplavený. Voda se nesmí úplně vyčerpat, aby čerpadlo nezačalo nasávat vzduch. U většiny čerpadel by to znamenalo přerušování čerpání. Proto k této situaci nesmí dojít.

Čidla budou ve vaně umístěna dvě, a to tak, aby mezi jejich snímacími body byla mezera. V této mezeře bude elektronika hladinu udržovat. Předem se tak oběma extrémům: Voda nezatopí úplně celou vanu ani se z ní všechna nevysaje.


Existuje celá řada snímačů různých konstrukcí. Při návrhu v úvahu připadaly dva druhy. Nejdříve jsem přemýšlel nad snímačem hladiny použitým u palivových nádrží automobilů. Byl však u nich ten problém, že jsou příliš rozměrné. Délka snímače byla mnohem delší, než kterou jsem potřeboval do skimmeru. Ideální se proto pro použití ve skimmeru jeví použití kapacitních hladinových snímačů. Ty jsou vyráběny ve variantě pro vodorovnou montáž a tyčové pro svislou montáž. Hlavním požadavkem ovšem stále zůstává použití v prostředí s nebezpečím výbuchu (viz obr. 4-6).

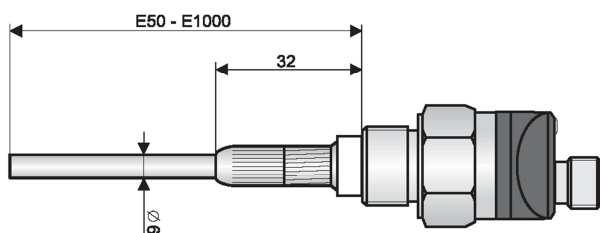


Obr. 4-6 Snímače Dinel řady CLS-23

Vhodné snímače pro tuto aplikaci vyrábí firma Dinel[®]. Konkrétně se jedná o řadu CLS-23. Jejich snímače této řady jsou uzpůsobeny pro limitní snímání hladiny a elektricky vodivých i nevodivých kapalin. Mají malé rozměry a umožňují tak přímou montáž do nádob. Citlivost i logiku spínání lze jednoduše nastavit přiložením magnetického pera na citlivou plošku snímače. Konstrukční připojení čidla je v nabídce výrobce nabízeno pomocí metrického závitu (M18x1,5; M20x1,5), trubkového závitu (G3/8“, G1/2“) nebo tlakového závitu (NPT 1/2 - 14). Pro použití na skimmeru bohatě stačí použití běžného závitu M18x1,5. Podobně je nabízeno i více typů výstupů: Tranzistor s otevřeným

konektorem (PNP), dvouodičový elektronický proudový spínač (S) a NAMUR. V případě elektrických výstupů je ovšem potřeba sáhnout po tom nejdražším řešení, tj. NAMUR, protože tento typ je přímo určen pro prostředí s nebezpečím výbuchu, je proto jiskrově bezpečný.

Klasifikace prostoru (dle ČSN EN 60079-10-1):  II 1/2 G Ex ia IIC T6 Ga/Gb.



Obr. 4-7 Hladinový snímač Dinel CLS 23-30

Řada CLS-23 se vyrábí v různých variantách. Ideální pro toto použití je typ CLS 23-30, což je tyčová demontovatelná elektroda (viz obr. 4-7) vhodná pro snímání hladiny elektricky vodivých i nevodivých kapalin. Může se instalovat jak shora, tak i z boku (max. 200 mm). Vyrábí se v délkách v rozmezí od 50 mm do 1000 mm. Pro použití na skimmeru je ideální použití délek 50 mm a 70 mm.

Čidla je nutno umístit do uklidňující nádoby. Tím se minimalizuje vliv přelévající nebo šplouchající vody, která by způsobovala falešné impulsy. V dolní části uklidňující nádoby jsou dva otvory, kterými může voda vtékat. Jsou ale dostatečně malé na to, aby zabránily zaplavení čidel v případě, že by se skimmer prudce naklonil nebo by do něj narazila vlna. Horní část nádoby je z větší části otevřená, aby mohl vzduch unikat. Nachází se zde také konzola pro uchycení obou čidel. Celá uklidňující nádoba je přišroubována k nosníku vany, aby byla vůči ní čidla přesně definována.



Obr. 4-8 Model uklidňující nádoby

Pro instalaci shora jsou výrobcem definovány minimální doporučené vzdálenosti od stěn nádoby a mezi čidly samotnými, aby nebyly hodnoty zkreslené a čidla v pořádku fungovala.

4.7 Kyvná ložiska

Podélné tyče jsou ke svařenému rámu připevněny otočně pomocí kyvných ložisek. Tato ložiska vyrábí firma Durbal, a to ve třech třídách. Pro skimmer jsem vybral ložisko ze střední kvalitativní třídy „Classic Line.“ Jsou to ložiska s pevným tělem, ve kterém je integrováno sférické kluzné ložisko. Konkrétně se jedná o typ *BEF 12*. Tělo je vyrobeno z kované kalené oceli a má pozinkovaný povrch. Ložisko je vyrobeno z ložiskové oceli, je kalené, broušené a má superfinišovaný chromovaný povrch. Ve drahách je nylon, teflon a kompozitní sklo. Kyvné ložisko se montuje pomocí vnitřního závitu M12x1,75 uvnitř kovaného těla (viz obr. 4-9). Tím, že bude tyč uchycena vždy ve dvou těchto ložiscích, není potřeba ji zajišťovat proti pootočení kolem svislé osy. Ložiska snesou dle výrobce statické zatížení $C_0 = 33400\text{ N}$ a dynamické zatížení $C = 12425\text{ N}$. Na českém trhu je prodává firma Korbel za cenu 459,- CZK (bez DPH).



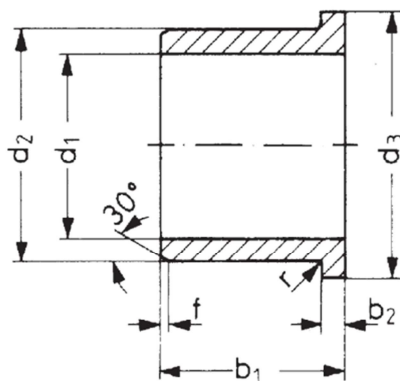
Obr. 4-9 Kyvné ložisko Durbal typ BEF 12

4.8 Kluzná pouzdra

Aby se mohl hlavní čep otáčet ve svislém rámu, bude uložen v kluzných pouzdrech. Tím se sníží opotřebení čepu a rámu a zároveň bude zajištěno, aby při pohybu nevznikaly nepříjemné skřípavé zvuky. Čep bude uložen ve dvou těchto pouzdrech, zrcadlově otočených vůči sobě. Vhodná kluzná pouzdra vyrábí firma Hennlich (viz obr. 4-10 a 4-11). Jsou vyrobeny z materiálu Iglidur®X. Díky tomu je pouzdro odolné vůči chemikáliím a teplotám od -100°C do $+250^{\circ}\text{C}$. Snese vysokou tlakovou sílu a během provozu má nízkou absorpci vlhkosti.



Obr. 4-10 Kluzné pouzdro Hennlich



Obr. 4-11 Schéma kluzného pouzdra

Tabulka 4-6 Rozměry kluzného pouzdra

Typ	d1 [mm]	d2 [mm]	d3 [mm]	b1 [mm]	b2 [mm]	Tvar
XFM-1416-17	14	16	22	17	1	F

4.9 Plováky

Plování skimmeru na hladině a jeho dobrou stabilitu budou zajišťovat dva plováky. Ty už firma Zahas umísťuje do svých výrobků. Jedná se o polyethylenové plováky vyplněné pěnou. Ta zajistí, že i v případě průrazu do něj nebude pronikat voda natolik, aby se zařízení potopilo. K nim má již firma vyvinuté také aretovací zařízení pro rychlou aretaci polohy při sklápění do transportní polohy a zpět. Délka plováků je 800 mm a jejich průměr 250 mm (viz obr. 4-12).



Obr. 4-12 Plovák s uchycením

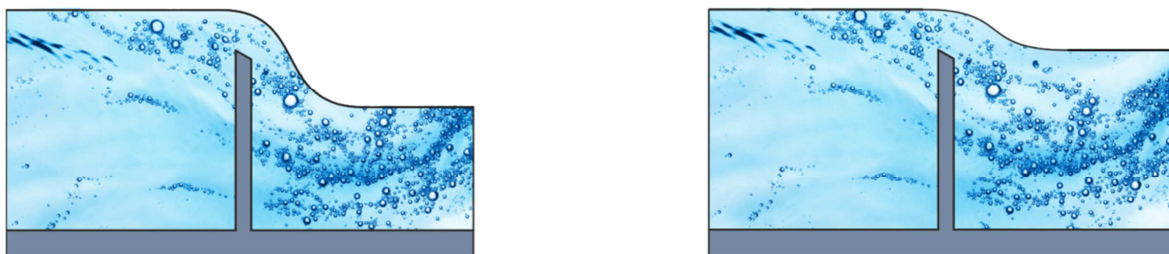
5. Výpočet přepadové hrany

Vana skimmeru je konstruována tak, aby do ní vtékala kapalina jen ze dvou stran. Další dvě strany rovnoběžné s plováky by byly zbytečné, protože plováky by blokovaly přístup nečistot z okolí skimmeru k přepadové hraně. Proto jsou tyto dvě hrany zvýšeny o 40 mm.

Požadovaný průtok sbírané kapaliny je v rozmezí 5 – 300 l/min. Po uvážení tohoto rozmezí a hlavně rozměrové použitelnosti vyšlo jako výhodné zkonstruovat přepadové hrany vany o délce 400 mm. Kapalina bude tedy v konečném součtu do vany vtékat přes přepadovou hranu o celkové délce 800 mm. Tato hodnota je určujícím parametrem pro další hydrodynamické výpočty.

Vtok kapaliny do vany skimmeru přes hrany modelově odpovídá výpočtu přepadu. Přepad je popisován jako výtok nezaplněným otvorem nebo otvorem s neuzavřeným obrysem. Nejnižší místo výtokového otvoru se označuje jako koruna přepadu. Přepad jako takový je hydraulický jev. Přeliv je přímo konstrukce, přes kterou přepadává kapalina. Přelivy mají využití u vzdouvacích staveb (jezy, přehrady), plní bezpečnostní funkci např. u přehrad a rybníků, může se pomocí nich měřit průtok atd.

Základní rozdělení přepadů je na dokonalý a nedokonalý. V případě dokonalého přepadu se koruna přepadu nachází výš než spodní hladina a průtok není touto spodní hladinou ovlivněn. Zatímco u nedokonalého přepadu, kde je výška spodní hladiny nad korunou přepadu, se ve výpočtu zohledňuje i spodní hladina, protože přepad je tím výrazně ovlivněn (viz obr. 5-1).



Obr. 5-1 Dokonalý (vlevo) a nedokonalý (vpravo) přepad

Přepady mají různé konstrukce: Přepad přes ostrohranný přeliv, přes jezový přeliv, přes širokou korunu, přepad s nízkým prahem ve dně, stupeň ve dně, šachtové přelivy, násoskové přelivy apod.

Pro obdélníkové ostrohranné přelivy se k výpočtu průtoku používají výpočty podle dvou autorů: Bazinův přeliv a Dubuatova rovnice (označována také jako výtok velkým otvorem ve stěně nádoby). Tyto výpočty jsou potřebné k určení výšky přepadu, aby byl zachován zadaný průtok. Jak již bylo zmíněno, vycházet se bude z šířky přelivné hrany 800 mm, čili 0,8 m.

5.1 Bazinův přeliv

Je výpočtovým modelem pro ostrohranné přelivy s průtokem obdélníkového průřezu bez bočního vedení. Je používána již od roku 1898 a má tvar

$$Q_b = w \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{3}{2}} \quad (5.1)$$

kde (viz obr. 5-2)

Q_b ... průtok dle Bazina [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]

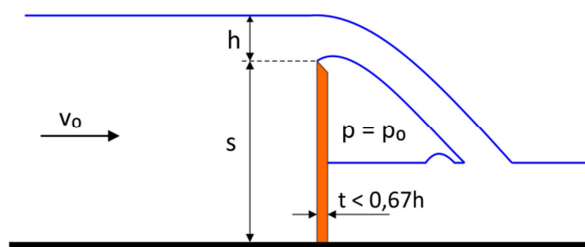
w ... součinitel přepadu [-]

b ... šířka přelivné hrany [m]

h ... přepadová výška [m]

s ... výška ode dna [m]

g ... gravitační zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]



Obr. 5-2 Schéma bazinova přelivu

Součinitel přepadu w se podle Bazina vypočítá ze vztahu:

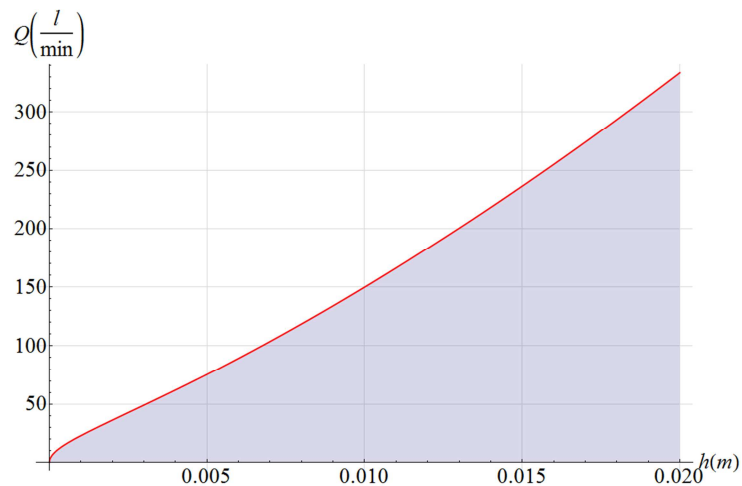
$$w = \left(0,405 + \frac{0,003}{h} \right) \cdot \left[1 + 0,55 \left(\frac{h}{h+s} \right)^2 \right] \quad (5.2)$$

Vzhledem k tomu, že přepadová výška h je neporovnatelně menší než výška ode dna s , v rovnici (5.2) se výraz v hranaté závorce limitně blíží hodnotě 1. Po této úpravě dostaneme:

$$Q_b = \left(0,405 + \frac{0,003}{h}\right) \cdot 0,8 \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{3}{2}} \quad (5.3)$$

Vložení tohoto výrazu do matematického softwaru vyjde graf závislosti průtoku Q_b [l/min] na přepadové výšce h [m]. (viz obr. 5-3)

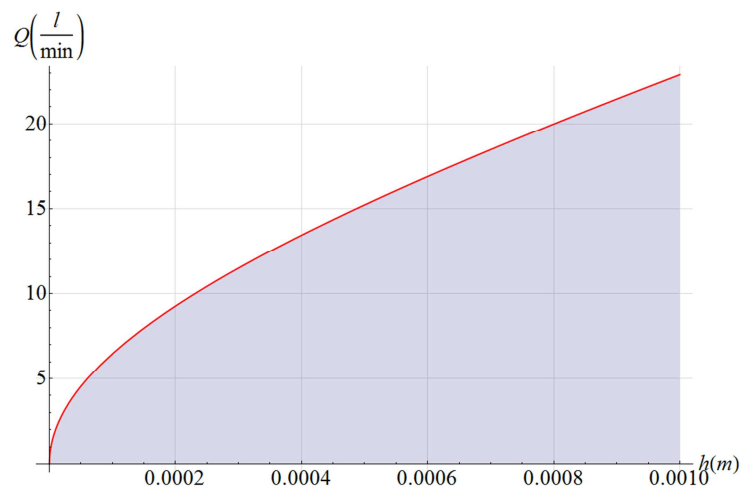
```
Plot [(0.405+0.003/h)*0.8*(2*9.81^(1/2)*h^(3/2)*60000, {h, 0, 0.02},
AxesLabel -> {h [m], Q [l/min]}, PlotStyle -> {Red, Thick}, Filling ->
Bottom, GridLines -> Automatic, GridLinesStyle -> LightGray]
```



Obr. 5-3 Závislost průtoku na přepadové výšce podle Bazina

Problém u této metody výpočtu nastává u malých přepadových výšek. Jak je z grafu vidět, při detailním pohledu se křivka v těchto místech kolem počátku náhle stáčí ostřeji (viz obr. 5-4).

```
Plot [(0.405+0.003/h)*0.8*(2*9.81)^(1/2)*h^(3/2)*60000, {h, 0, 0.001},
AxesLabel -> {h [m], Q [l/min]}, PlotStyle -> {Red, Thick}, Filling ->
Bottom, GridLines -> Automatic, GridLinesStyle -> LightGray]
```



Obr. 5-4 Detailnější pohled na graf Bazinova přelivu

V odborné literatuře [2] je omezení pro tuto Bazinovu metodu $0,2 < b < 2,0$ m, $0,2 < s < 2,0$ m, $0,1 < h < 1,24$ m. Poslední podmínka u skimmeru není splněna, protože se výška přepadu pohybuje hluboce pod 0,1 m. Z toho důvodu je Bazinova metoda pro případ skimmeru nepoužitelná.

5.2 Dubuatova rovnice

Tato rovnice vychází z výpočtu výtoku velkým otvorem v boční stěně nádoby. Při relativně velkém otvoru ve stěně je už nutné brát do úvahy závislost výtokové rychlosti kapaliny na hloubce uvažovaného místa pod hladinou, na kterou působí tlak ovzduší. Výtok kapaliny z nádoby se určí integrací. Elementem výtokového otvoru $dS = b \cdot dh$ vytéká elementární skutečný průtok kapaliny:

$$dQ_V = \mu \cdot dS \cdot v = \mu \cdot b \cdot \sqrt{2gh} \cdot dh \quad (5.4)$$

V rovnici se objevuje součinitel přepadu μ . Ten je závislý na přepadové výšce a na dalších vlastnostech přepadu, neboli je funkcí dalších parametrů: $\mu = \mu(Re, geom. tvar)$. Pro volný proud a přeliv s ostrou hranou, kterou je v případě skimmeru plech tloušťky 2 mm. Podle [1] je pro tento případ střední hodnota součinitele přepadu $\mu = 0,65 [-]$.

Výtok rozměrným otvorem je pak obecně určen integrálem, což je zároveň tvar Dubuatovy rovnice pro obecný tvar přepadu:

$$Q_V = \int_s dQ = \mu \cdot \int_{h_1}^{h_2} b \cdot \sqrt{2gh} \cdot dh \quad (5.5)$$

Pro otvor obdélníkového tvaru, který je použit na skimmeru, kde $b = konst.$, se výtok boční stěnou nádoby určí integrací rovnice (5.5) jako:

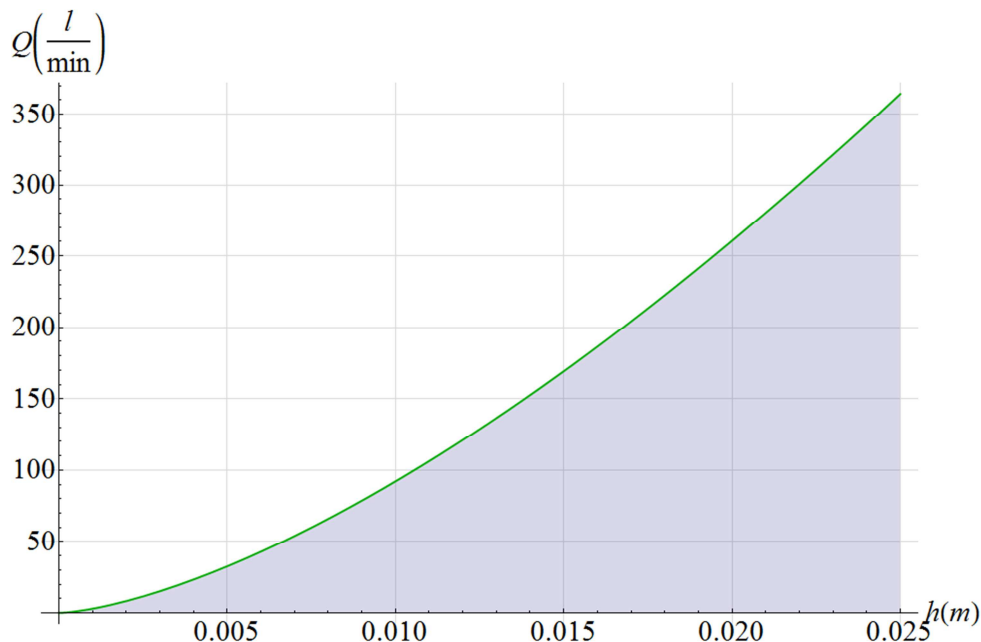
$$Q_V = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g} \left(h_2^{\frac{3}{2}} - h_1^{\frac{3}{2}} \right) \quad (5.6)$$

Poslední operací v odvození finálního výpočtového tvaru pro skimmer je převedení výtoku boční stěnou na přepad. To se provede dosazením $h_1 = 0$ a $h_2 = h$. Po úpravě vyjde tvar rovnice pro výpočet přepadu obdélníkového tvaru:

$$Q_V = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2gh} \quad (5.7)$$

Na základě této rovnice je vygenerován opět graf závislosti průtoku Q_V [l/min] na přepadové výšce h [m]. (viz obr. 5-5)

```
Plot [(2/3)*0.65*0.8*h*(2*9.81*h)^(1/2)*60000, {h, 0, 0.025}, AxesLabel -> {h [m], Q [l/min]}, PlotStyle -> {Darker [Green], Thick}, Filling -> Bottom, GridLines -> Automatic, GridLinesStyle -> LightGray]
```



Obr. 5-5 Graf Dubuatovy rovnice

5.3 Limitní hodnoty

Pro konstrukci je potřeba zjistit, v jakém rozmezí se má vana pohybovat. Při zvolené šířce přepadové hrany musí být zajištěn rozsah průtoků podle zadání. Ten činí $5 - 300 \frac{l}{min}$, (což při převodu na základní jednotky SI odpovídá $0,8 \cdot 10^{-4}$ až $0,5 \cdot 10^{-2} \frac{m^3}{s}$). Výpočet se provede podle výše odvozené Dubuatovy rovnice pro obdélníkový přepad.

$$Q_V = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$$

$$h^{\frac{3}{2}} = \frac{Q_V}{\frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g}}$$

Výsledný vzorec pro výpočet přepadové výšky:

$$h = \sqrt{\left(\frac{3 \cdot Q_V}{2\mu \cdot b \cdot \sqrt{2g}}\right)^3} \quad (5.8)$$

Minimální výška přepadu

kde: $Q_V = 5 \frac{l}{min} = 0,8 \cdot 10^{-4} \frac{m^3}{s}$

$$\mu = 0,65 [-]$$

$$b = 0,8 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$h_{min} = \sqrt{\left(\frac{3 \cdot 0,8 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}}\right)^3}$$

$$\mathbf{h_{min} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1,4 \text{ mm}}$$

Maximální výška přepadu

kde: $Q_V = 300 \frac{l}{min} = 0,5 \cdot 10^{-2} \frac{m^3}{s}$

$$\mu = 0,65 [-]$$

$$b = 0,8 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$h_{max} = \sqrt{\left(\frac{3 \cdot 0,5 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}}\right)^3}$$

$$\mathbf{h_{max} = 2,2 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 22 \text{ mm}}$$

Toto jsou limitní hodnoty, které musí být skimmer schopný obsáhnout, aby byla zaručena jeho funkčnost v požadovaném rozsahu průtoků. Minimální rozsah pohybu sběrné vany se vypočte:

$$\Delta h = h_{max} - h_{min} \quad (5.9)$$

$$\Delta h = 2,2 \cdot 10^{-2} - 1,4 \cdot 10^{-3}$$

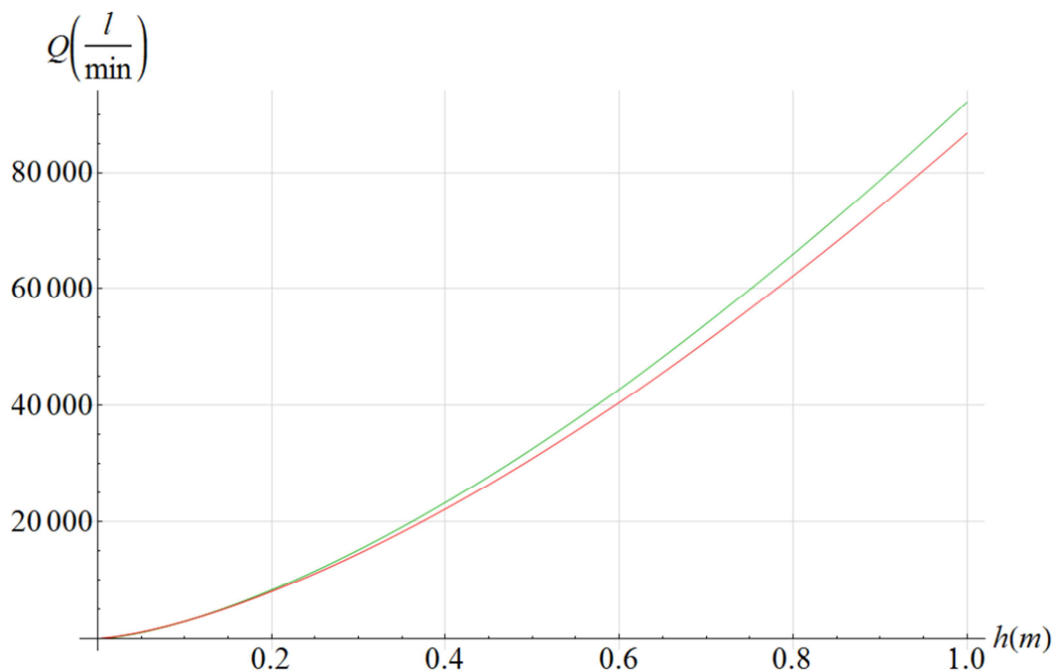
$$\Delta h = 2,06 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 21 \text{ mm}$$

Sběrná hrana ale musí mít větší rozsah pohybu, aby bylo možné přítok do vany i úplně uzavřít. Proto je konstrukce navržena tak, aby celkový rozsah byl $\Delta h = 30 \text{ mm}$.

5.4 Porovnání obou metod

Pro zajímavost se mohou obě metody výpočtu přepadu porovnat. Bazinova i Dubuatova, podle které se nakonec přepad skimmeru počítal. Při zvětšení výšky přepadové hrany a vložení obou křivek do jednoho grafu (viz obr. 5-6) je vidět, že metody dávají podobné výsledky. Proto jsou obě použitelné při výpočtech průtoků na vodních tocích, kde jsou výšky přepadů v řádu desítek cm.

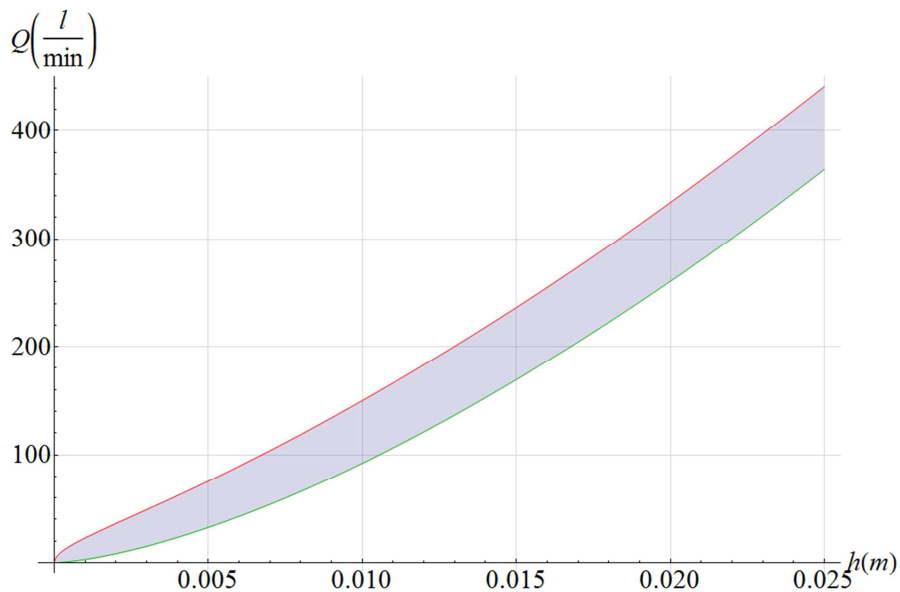
```
Plot[{2/3*0.65*0.8*h*(2*9.81*h)^(1/2)*60000,
(0.405+0.003/h)*0.8*(2*9.81)^(1/2)*h^(3/2)*60000},{h,0,1},AxesLabel->
{h[m],Q[l/min]},PlotStyle->{Darker[Green],Red,Thick},GridLines->
Automatic,GridLinesStyle->LightGray]
```



Obr. 5-6 Porovnání metod pro větší přepadové výšky

Podle grafu by se mohlo zdát, že jsou si metody tím bližší, čím více se výška blíží nule. Opak je ovšem pravdou. Při zmenšení rozsahu osy x na $<0; 0,025 \text{ m}>$ je již vidět, jak se obě metody rozcházejí (viz obr. 5-7).

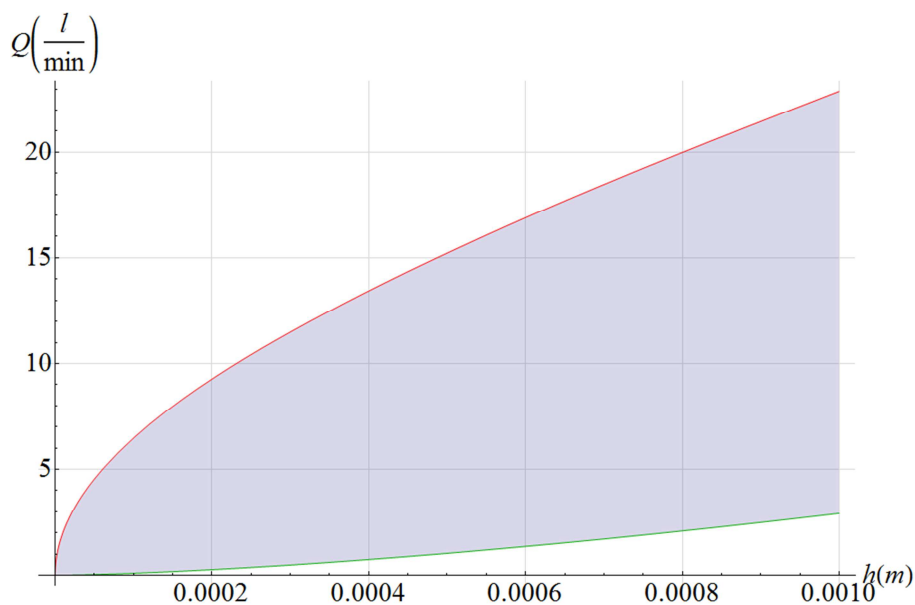
```
Plot [{2/3*0.65*0.8*h*(2*9.81*h)^(1/2)*60000,
(0.405+0.003/h)*0.8*(2*9.81)^(1/2)*h^(3/2)*60000}, {h, 0, 0.025}, AxesLabel-
>{h[m], Q[l/min]}, PlotStyle->{Darker[Green], Red, Thick}, Filling->{1->{2}},
GridLines->Automatic, GridLinesStyle->LightGray]
```



Obr. 5-7 Obě metody při větším detailu

A v případě ještě většího detailu je vidět větší odlišnost obou metod (viz obr. 5-8).

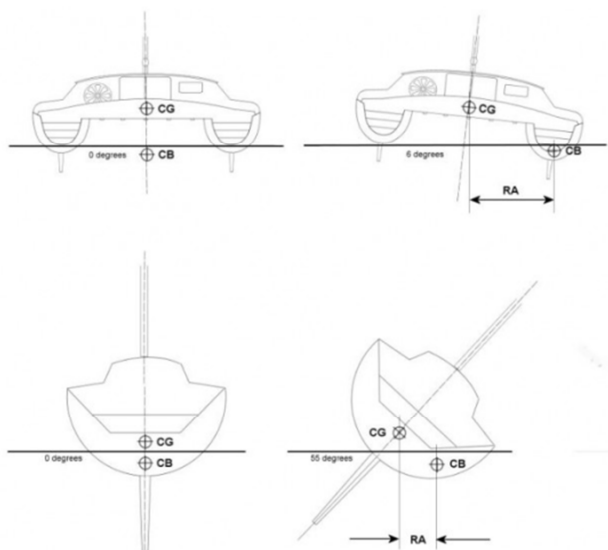
```
Plot [{2/3*0.65*0.8*h*(2*9.81*h)^(1/2)*60000,
(0.405+0.003/h)*0.8*(2*9.81)^(1/2)*h^(3/2)*60000}, {h, 0, 0.025}, AxesLabel-
>{h[m], Q[l/min]}, PlotStyle->{Darker[Green], Red, Thick}, Filling->{1->{2}},
GridLines->Automatic, GridLinesStyle->LightGray]
```



Obr. 5-8 Porovnání metod blízko počátku souřadnic

6. Plovací vlastnosti skimmeru

Z pohledu lodní konstrukce se skimmer díky dvěma plovákům řadí k lodím s více trupy, tzv. katamaránům. Není to ovšem čistě katamarán, protože má mezi plováky sběrnou vanu, která lehce mění jeho vlastnosti. I tak si ale zachovává přednosti katamaránů. Jednou z hlavních předností této konstrukce je stabilita. Stabilita je schopnost plavidla se vrátit do původní rovnovážné polohy, z níž bylo vychýleno vnějšími silami, přestanou-li tyto síly působit. Pro skimmer je stabilita velmi důležitá. Může tak pracovat i v menších vlnách a nebude se houpat jako běžná jednotrupová plavidla (viz obr. 6-1).



Obr. 6-1 Stabilita jednotrupé lodě a katamaránu

Pro správnou funkci je nutné, aby byl skimmer vyvážený. V opačném případě by se na vodě nakláněl na stranu a tím pádem by byla šikmo i sběrná hrana, což je velmi nežádoucí. Proto je navrhován co nejvíce symetricky. Vždy to nešlo, proto se s tím muselo kalkulovat při umístění jednotlivých součástí. Díky tomu vyšlo těžiště téměř ideálně ve středu. V rovině rovnoběžné s vodní hladinou činí odchylka od ideální pozice těžiště v podélném směru 4,5 mm a v příčném směru dokonce jen 0,035 mm. Pokud by se v reálu stal skimmer z různých důvodů více nevyváženým, je možnost jej vyvážit posunutím akumulátoru, který má dostatečnou hmotnost, aby tento zásah pomohl.

Skimmer působí na kapalinu svisle dolů svou tíhou G , jejímž působištem je těžiště. Zatímco kapalina působí na skimmer vztlakovou silou opačného směru F_{vz} . Velikost této síly je dána Archimedovým zákonem: „Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno vztlakovou silou, jejíž velikost se rovná tíze kapaliny tělesem vytlačené.“

$$F_{VZ} = \rho_k \cdot V \cdot g \quad (6.1)$$

V případě skimmeru budou vztlakovou sílu zajišťovat 3 tělesa: 2 polyetylenové plováky a sběrná vana. Dále je třeba určit, jak velké jsou 2 tíhové síly, které budou působit.

6.1 Hmotnost skimmeru

Hmotnost skimmeru se určí z virtuálního 3D modelu v programu Autodesk Inventor. Ta činí $m_S = 37,9 \text{ kg}$. Na tíhovou sílu F_g se hmotnost převede pomocí vzorce

$$F_g = m \cdot g \quad (6.2)$$

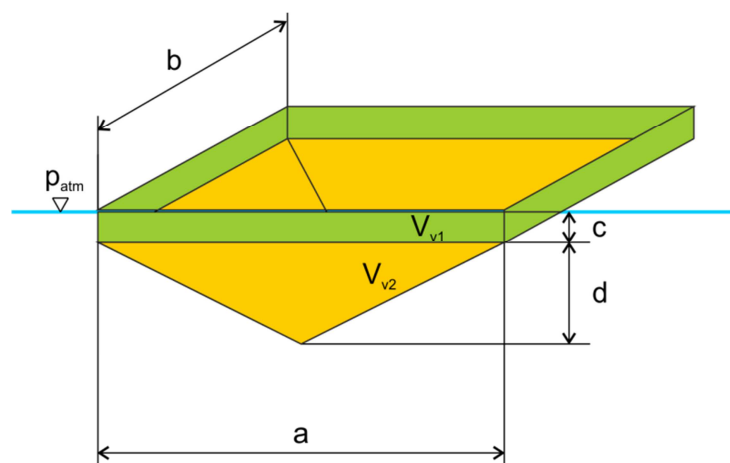
$$F_{gS} = 37,9 \cdot 9,81$$

$$F_{gS} = 372 \text{ N}$$

Další tíhová síla je vyvozena z hmotnosti kapaliny, která se při provozu nachází uvnitř sběrné vany (viz kap. 6.3).

6.2 Vztlak sběrné vany

Při provozu bude celý objem vany pod vodou, proto vztlaková síla F_{VZv} působící na vanu bude konstantní. Pro výpočet se rozdělí na dvě části. Horní část má tvar kvádru o objemu V_{V1} a skosená část se pro zjednodušení nahradí jehlanem s obdélníkovou podstavou, což je objem V_{V2} , jak je vidět na obr. 6-2.



Obr. 6-2 Rozdělení sběrné vany pro výpočet

kde: $a = 0,4 \text{ m}$
 $b = 0,473 \text{ m}$
 $c = 0,06 \text{ m}$
 $d = 0,072 \text{ m}$

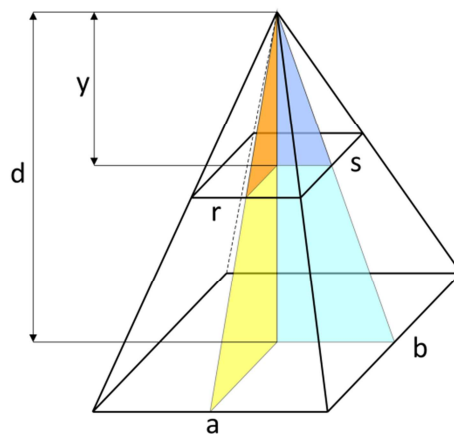
$$V_{v1} = a \cdot b \cdot c \quad (6.3)$$

$$V_{v1} = 0,4 \cdot 0,473 \cdot 0,06$$

$$V_{v1} = 1,14 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$$

Výpočet jehlanové části vany bude vzhledem k jejímu tvaru poněkud složitější.

$$V_{v2} = \int_0^d r \cdot s \cdot dy \quad (6.4)$$



Obr. 6-3 Trojúhelníky v jehlanu

kde podle obrázku 6-3: $\frac{a/2}{r/2} = \frac{d}{y} \rightarrow \frac{r}{a} = \frac{y}{d} \rightarrow r = \frac{ay}{d}$

$$\frac{b/2}{s/2} = \frac{d}{y} \rightarrow \frac{s}{b} = \frac{y}{d} \rightarrow s = \frac{by}{d}$$

$$V_{v2} = \int_0^{0,072} \frac{ay}{d} \cdot \frac{by}{d} \cdot dy = \frac{ab}{d^2} \cdot \int_0^{0,072} y^2 \cdot dy$$

$$V_{v2} = \frac{0,4 \cdot 0,473}{0,072^2} \cdot \left[\frac{y^3}{3} \right]_0^{0,072} = \frac{0,4 \cdot 0,473}{0,072^2} \cdot \frac{0,072^3}{3}$$

$$V_{v2} = 4,54 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Celkový vztlak vany ponořené až po přepadovou hranu se vypočte ze vztahu

$$F_{VZv} = \rho_k \cdot (V_1 + V_2) \cdot g \quad (6.5)$$

$$F_{VZv} = 1000 \cdot (1,14 \cdot 10^{-2} + 4,54 \cdot 10^{-3}) \cdot 9,81$$

$$F_{VZv} = 156 \text{ N}$$

6.3 Zatížení sběrné vany sbíranou kapalinou

Ve sběrné vaně se bude během provozu nacházet určité množství kapaliny. V ideálním případě bude kapalina 100 % sestávat ze sbírané látky. Pro výpočet jsem zvolil naftu, která má hustotu $\rho_N = 840 \text{ kg/m}^3$. Hladina této kapaliny se bude nacházet mezi dvěma hladinovými čidly. Ta jsou od sebe vzdálena 20 mm. Horní čidlo lícuje s podstavou výpočtového kužele. Čili hladina ve vaně bude kolísat v rozmezí $e = 52 - 72 \text{ mm}$ od vrcholu kužele. Krajiní hodnoty tíhové síly se vypočítají obdobně jako vztlaková síla:

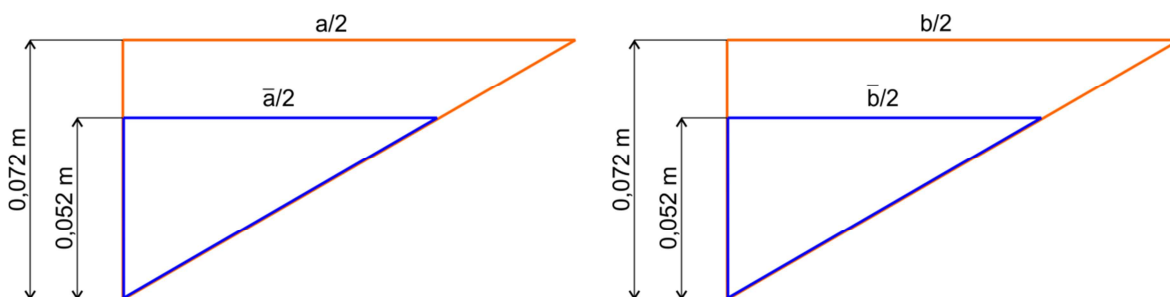
$$F_{gN} = \rho_N \cdot \frac{a \cdot b \cdot e}{3} \cdot g \quad (6.6)$$

Při výšce hladiny $e = 0,072 \text{ m}$:

$$F_{gNmax} = 840 \cdot \frac{0,4 \cdot 0,473 \cdot 0,072}{3} \cdot 9,81$$

$$F_{gNmax} = 37 \text{ N}$$

Pro výpočet při výšce hladiny při $\bar{e} = 0,052 \text{ m}$ se musí nejprve určit rozměry vodního kužele. Při snížení výšky hladiny se změní také rozměry podstavy kužele. Využije se pravidla podobnosti trojúhelníků (viz obr. 6-4).



Obr. 6-4 Podobnost trojúhelníků

$$\frac{a/2}{\bar{a}/2} = \frac{0,072}{0,052}, \quad \frac{b/2}{\bar{b}/2} = \frac{0,072}{0,052} \quad (6.7)$$

$$\bar{a} = \frac{0,052 \cdot 0,4}{0,072}$$

$$\bar{a} = 0,289 \text{ m}$$

$$\bar{b} = \frac{0,052 \cdot 0,473}{0,072}$$

$$\bar{b} = 0,342 \text{ m}$$

Minimální hodnota tíhové síly od kapaliny ve vaně se tedy opět vypočítá pomocí vzorce (6.6) při dosazení nově vypočtených rozměrů podstavy vodního jehlanu:

$$F_{gNmin} = 840 \cdot \frac{0,289 \cdot 0,342 \cdot 0,052}{3} \cdot 9,81$$

$$F_{gNmin} = 14 \text{ N}$$

6.4 Vztlaková síla plováků

Na rozdíl od vztlaku vany, který je konstantní, protože se celý objem vany nachází pod hladinou, je v případě plováků situace jiná. Vzhledem k tomu, že se mění množství kapaliny ve vaně, mění se i ponor plováků. Další nepříjemností je jejich válcový tvar. To způsobí, že křivka vztlaku nebude lineární.

Při výpočtu jsou kvůli zjednodušení plováky považovány za válce. Průřezem je tedy kruh. Jeho obrys – kružnice se analyticky zapíše:

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2 \quad (6.8)$$

kde: x_0 ... x-ová souřadnice středu v kartézském souřadném systému

y_0 ... y-ová souřadnice středu v KSS

r ... poloměr kružnice

Je výhodné střed kružnice umístit na osu x ve vzdálenosti r od počátku souřadného systému. Dosazením těchto parametrů ($y_0 = 0$, $x_0 = r$) do (6.8) se rovnice zjednoduší. Výsledná rovnice (6.9) se nazývá vrcholová. Graf této funkce vrcholové kružnice je vykreslen na obr. 6-5. Zároveň tento graf odpovídá polovině průřezu plováku.

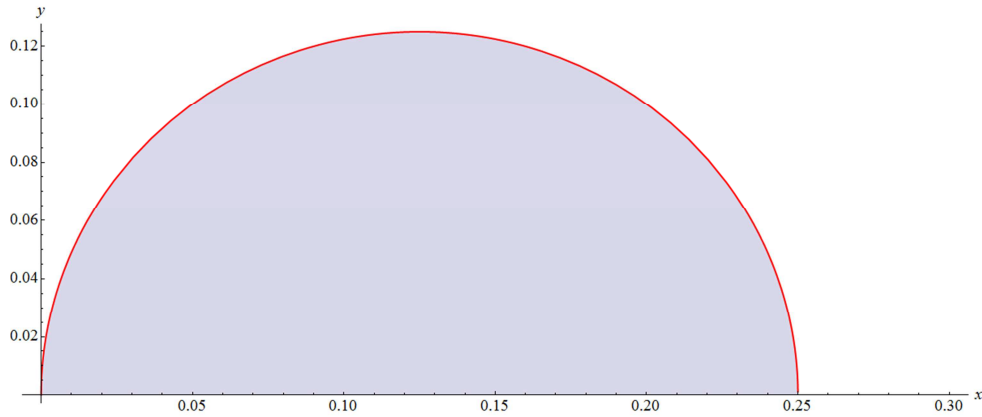
$$(y - 0)^2 = r^2 - (x - r)^2$$

$$y^2 = r^2 - (x^2 - 2xr + r^2)$$

$$y^2 = r^2 - x^2 + 2xr - r^2$$

$$y = \sqrt{2xr - x^2} \quad (6.9)$$

```
Plot[(2*x*0,125-x^2)^(1/2), {x, 0, 0.3}, AxesLabel-> {x, y}, PlotStyle->
{Red, Thick}, Filling-> Bottom]
```



Obr. 6-5 Graf poloviny průřezu plováku

Výraz (6.9) se zintegruje, aby se mohla určit plocha ponořené části plováku.

$$\begin{aligned} & \int \sqrt{0,125 \cdot 2x - x^2} dx \\ &= 0,5 \cdot \sqrt{0,25 - x} \cdot \sqrt{x^3} - 0,0625 \cdot \sqrt{(0,25 - x) \cdot x} + 0,015625 \\ & \quad \cdot \arcsin(2\sqrt{x}) + c \end{aligned}$$

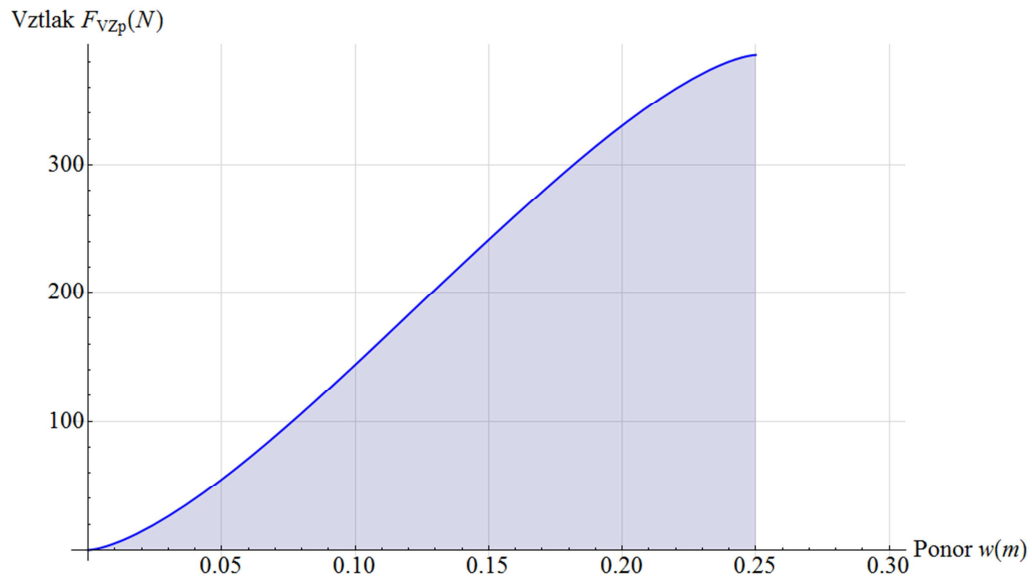
Výsledný výraz je docela dlouhý, proto se bude dále používat pro zápis výraz před integrací a výpočet se provede v matematickém softwaru.

Analýza průřezu se může konečně vložit do vzorce pro výpočet vztlaku plováku. Vzhledem k tomu, že graf obsáhne jen polovinu průřezu plováku, musí se vynásobit 2x. Výsledný graf závislosti vztlaku jednoho plováku na hloubce jeho zanoření má platnost pouze pro definiční obor $D_f = \langle 0; 0,25 \rangle$, jehož horní mez odpovídá úplnému zanoření plováku. Pro vyšší hodnoty se vztlaková síla již nemění a zůstává konstantní. Rovnice vztlaku plováku má tedy tvar (6.10) a graficky je zobrazen na obr. 6-6.

$$F_{VZp} = \rho_v \cdot 2 \cdot S \cdot d \cdot g \quad (6.10)$$

$$F_{VZp} = 1000 \cdot 2 \left(\int \sqrt{0,125 \cdot 2x - x^2} dx \right) \cdot 0,8 \cdot 9,81$$

```
Plot[1000*2*(0.5*((0.25-x)^(1/2))*x^(3/2)-0.0625*((0.25-x)*x)^(1/2)
+0.015625*ArcSin[2*x^(1/2)])*0.8*9.81,{x,0,0.3},AxesLabel->{Ponor w[m],
Vztlak FVZp[N]},PlotStyle->{Blue,Thick},Filling->Bottom,GridLines->
Automatic,GridLinesStyle->LightGray]
```



Obr. 6-6 Graf závislosti vztlaku 1 plováku na ponoru

Potřebný vztlak plováků se vypočte prostým rozdílem tíhových a vztlakových sil. Musí platit podmínka, že rozdíl tíhových a vztlakových sil se musí rovnat nule.

$$\sum F_g - \sum F_{VZ} = 0 \quad (6.11)$$

Výpočet se provede pro střední hodnotu zaplavení prostoru ve vaně. Po uvážení všech vztlakových a gravitačních sil působících na skimmer vznikne výraz:

$$2F_{VZp} + F_{VZv} = F_{gS} + F_{gNstř}$$

a po úpravě

$$F_{VZp} = \frac{F_{gS} + \frac{F_{gNmax} + F_{gNmin}}{2} - F_{VZv}}{2} \quad (6.12)$$

$$F_{VZp} = \frac{372 + \frac{37 + 14}{2} - 156}{2}$$

$$F_{VZp} = 121 \text{ N}$$

K tomu, aby každý plovák poskytoval vztlakovou sílu přesně 121 N, musí jeho ponor být $w = 0,088 \text{ m}$, čili 88 mm.). Proto se plováky po vložení skimmeru na vodní

hladinu do této hloubky také ponoří. Z grafu vychází, že kolísání hladiny ve sběrné vaně tuto hodnotu změní maximálně o $\Delta w = \pm 2\text{mm}$.

Hloubka ponoru w je zásadní rozměr pro konstrukci skimmeru. Při středové pozici aktuátoru se rozměr nastaví lehce větší o Δw na 90 mm .

U stability je rozhodující, jak moc se plavidlo po nárazu vlny přehoupne. O tom rozhoduje klopný moment (righting moment M_R). Tento moment vzniká vychýlením těžiště vztlaku a těžiště samotné lodě ze svislé osy. Čím je rameno tohoto momentu delší, tím rychleji se loď vrací do vyrovnané polohy. U plavidel stylu katamaránu, mezi něž se skimmer řadí, je toto rameno klopného momentu velké, proto se skimmer do rovnovážné pozice vrací velmi rychle a není proto náchylný na rozhoupání ve vlnách.

7. Pevnostní analýza páky pomocí MKP

Páka, která je předmětem MKP analýzy (viz obr. 7-1) slouží ke spárování čtyř táhel, na kterých je vana uchycena. Převádí horizontální lineární pohyb od aktuátoru na vertikální lineární pohyb sběrné vany. Kvůli různé délce ramen plní také převodní funkci.

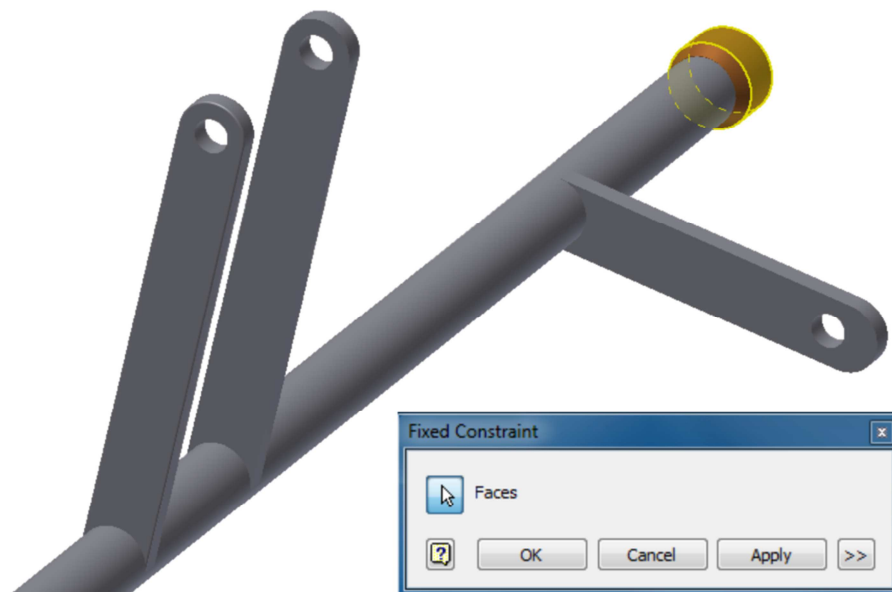


Obr. 7-1 Vyrenderovaný model páky

Velikost síly, kterou bude páka přenášet, závisí na rozdílu gravitačních sil a vztlakových sil jednotlivých členů. Ač je aktuátor velmi silný, při provozu budou přes páku působit mnohem menší síly. Pro MKP analýzu jsem určil celkovou horizontální sílu 300 N, což odpovídá zatížení 150 N na každou svislou páku.

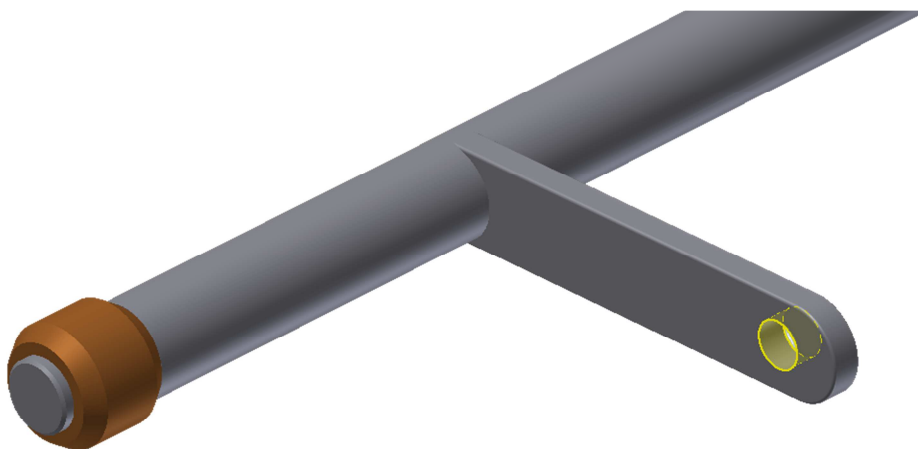
7.1 Okrajové podmínky

Páka bude na skimmeru uchycena v kyvných ložiscích. Pro zjednodušení MKP modelu jsem do něj umístil jen vnitřní kroužek ložiska. Tyto kroužky jsou zavazbeny pevnou vazbou (viz obr. 7-2).



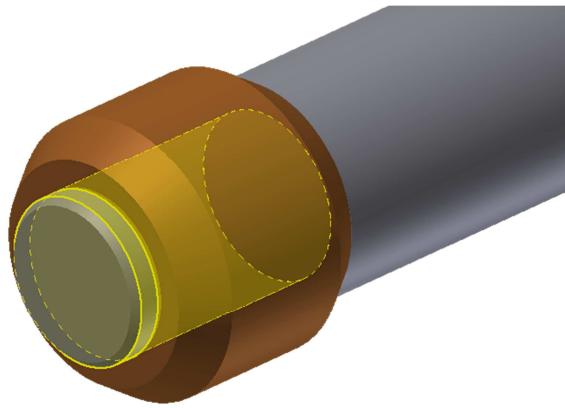
Obr. 7-2 Vložení pevné vazby na kroužek kyvného ložiska

Aby se páka simulovala v zabrzděném stavu, je třeba vložit další pevnou vazbu do otvorů na vodorovných ramenech (viz obr. 7-3).



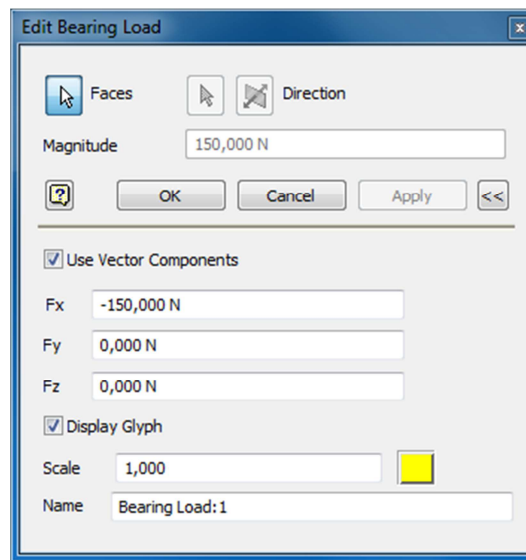
Obr. 7-3 Pevná vazba umístěna v oku páky

Otočná vazba se musí vložit mezi páku a kroužek kyvného ložiska, aby bylo páce umožněno se v ložisku otáčet (viz obr. 7-4).



Obr. 7-4 Otočná vazba mezi pákou a kroužkem ložiska

Dalším krokem nastavování simulace je vložit do modelu zatěžující síly. Dvě síly budou působit v otvorech svislých částí páky, každá bude mít hodnotu 150 N (viz obr. 7-5). Typ zatěžující síly je ložiskový (do otvoru). Síla bude působit v plné velikosti ve směru kolmém na svislou část (v ose x).



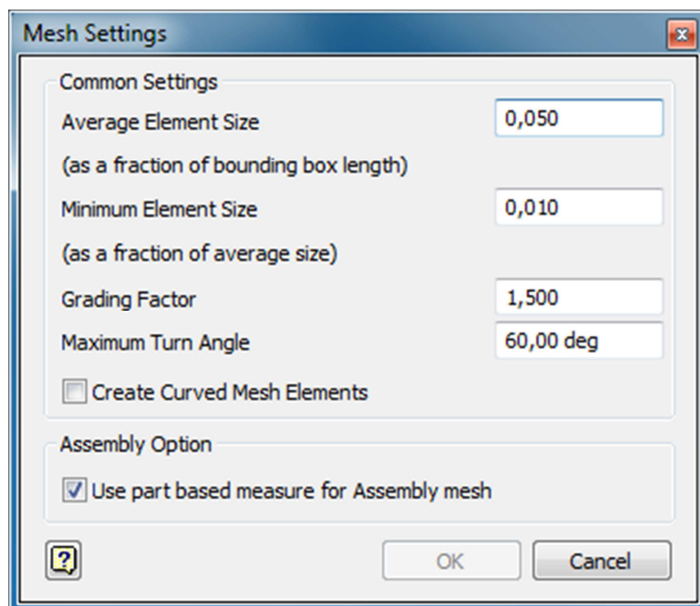
Obr. 7-5 Dialogové okno zatěžující síly

Druhou silou, která bude tyč zatěžovat, je gravitační síla od vlastní tíhy tyče. Tyč není příliš hmotná, její hmotnost činí jen 1,096 kg, přesto jsem do simulace započítal i tento prvek. Gravitační síla je orientována ve směru svislých ramen tyče a má tabulkovou hodnotu $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Celkové zatížení oběma silami je patrné z obr. 7-6.

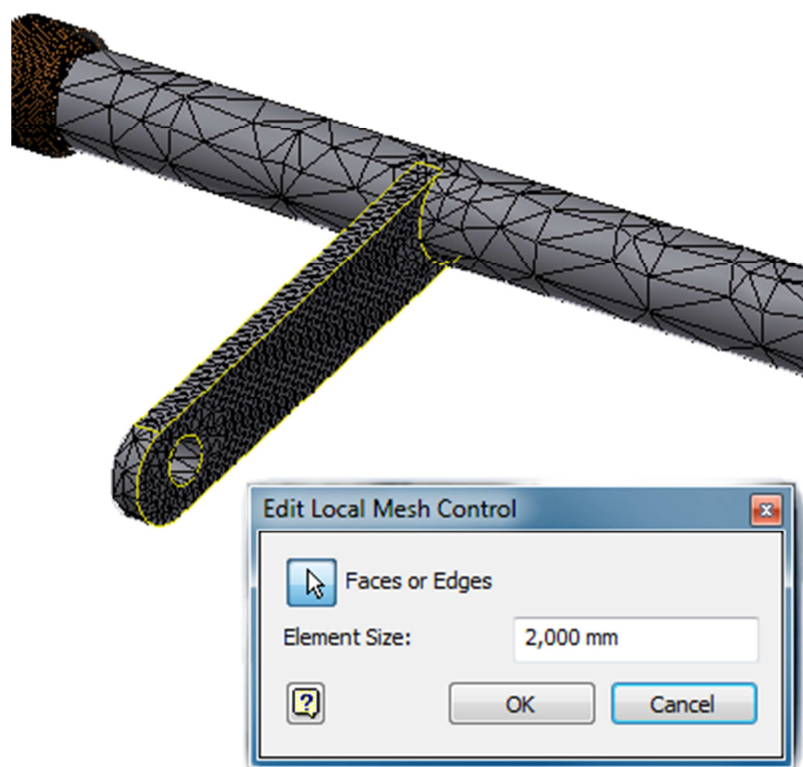


Obr. 7-6 Zobrazení všech zatěžujících sil

Na modelu je nastavena síť, která má 109 481 bodů a 71 540 elementů. Je využita možnost řízení místní sítě, která umožňuje lokálně síť zjemnit (viz obr. 7-7 a 7-8).



Obr. 7-7 Dialogové okno nastavení sítě modelu



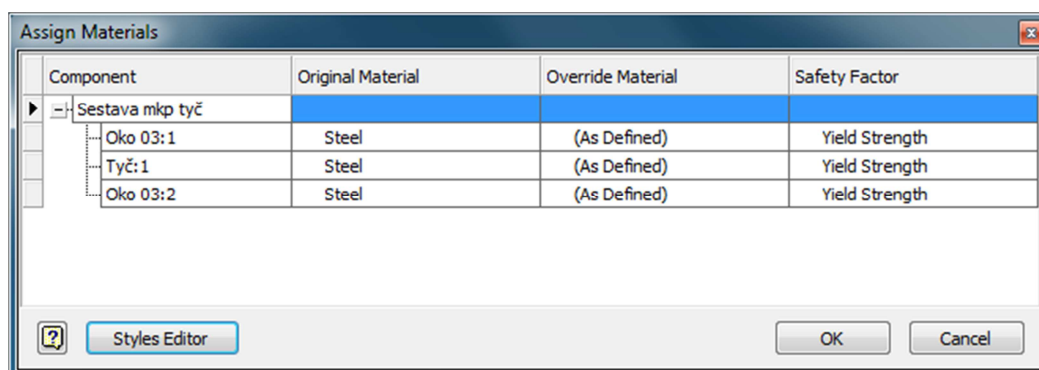
Obr. 7-8 Řízení místní sítě

Pohled na celou páku se zobrazeným kompletním zatížením a celou sítí je vidět na obr. 7-9.



Obr. 7-9 Pohled na celou páku se zatížením a sítí

Aby mohla být MKP analýza spuštěna, je potřeba ještě přiřadit k jednotlivým částem materiály. V tomto případě se jedná jak u páky, tak u kroužků ložisek o ocel (viz obr. 7-10)



Obr. 7-10 Okno přiřazení materiálů

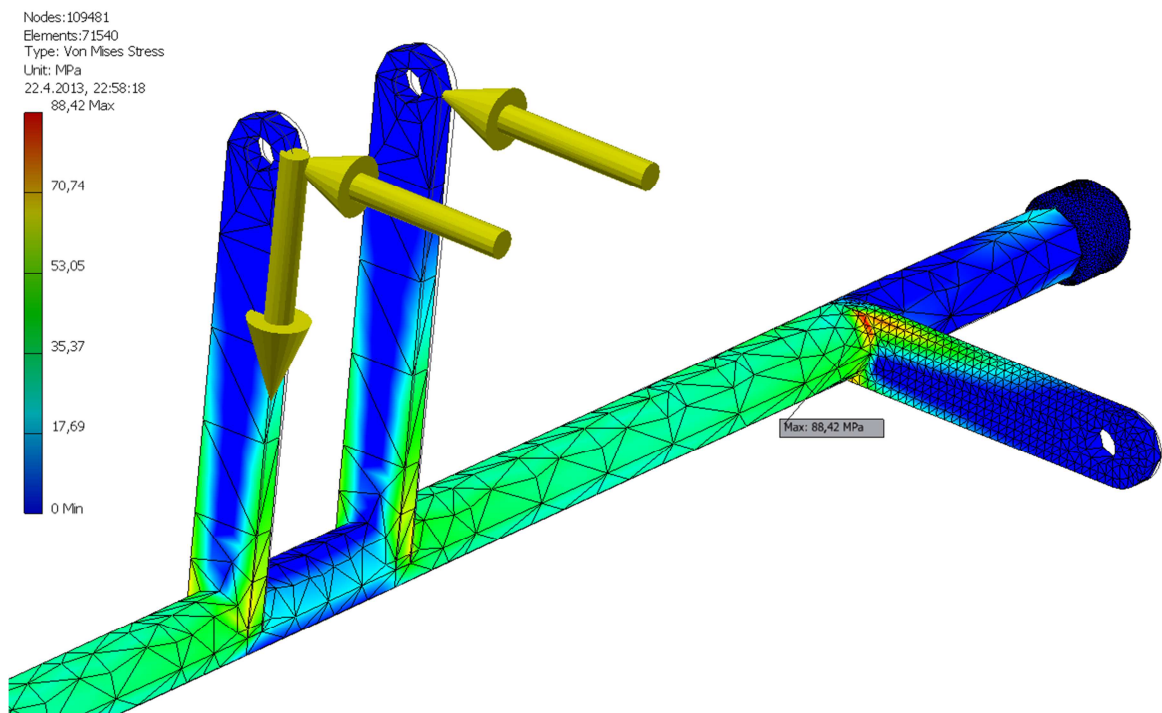
Všechny dotyky jsou v modelu nastaveny na posun bez oddělení. Nacházejí se mezi tyčí a kroužky ložisek. Díky tomu se tyč může v kroužcích volně otáčet, ale je současně zajištěna proti radiálnímu a axiálnímu posuvu (viz obr. 7-11).



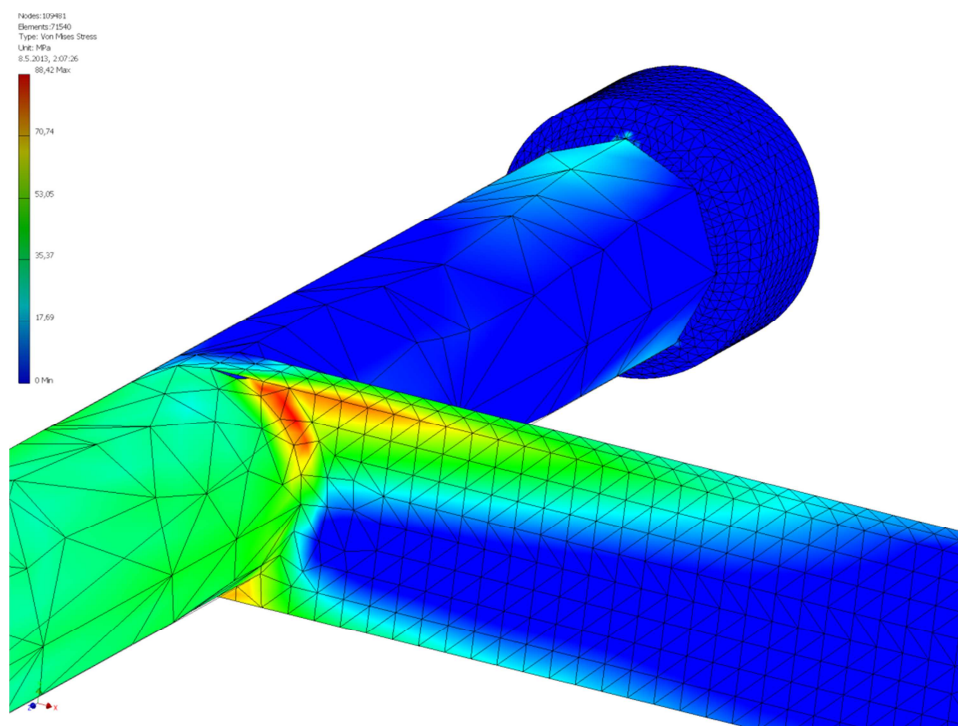
Obr. 7-11 Nastavení dotyků

7.2 Výsledky

Největší napětí dle výsledku Von Mises je v místě svaru vodorovného ramene páky. Je zde napětí 88,42 MPa (viz obr. 7-12). Páka je symetrická a i zatížení je symetrické, proto se stejné napětí objevuje zrcadlově i na druhé straně. Detailnější pohled na nejvíce zatěžovanou oblast je na obr. 7-13.

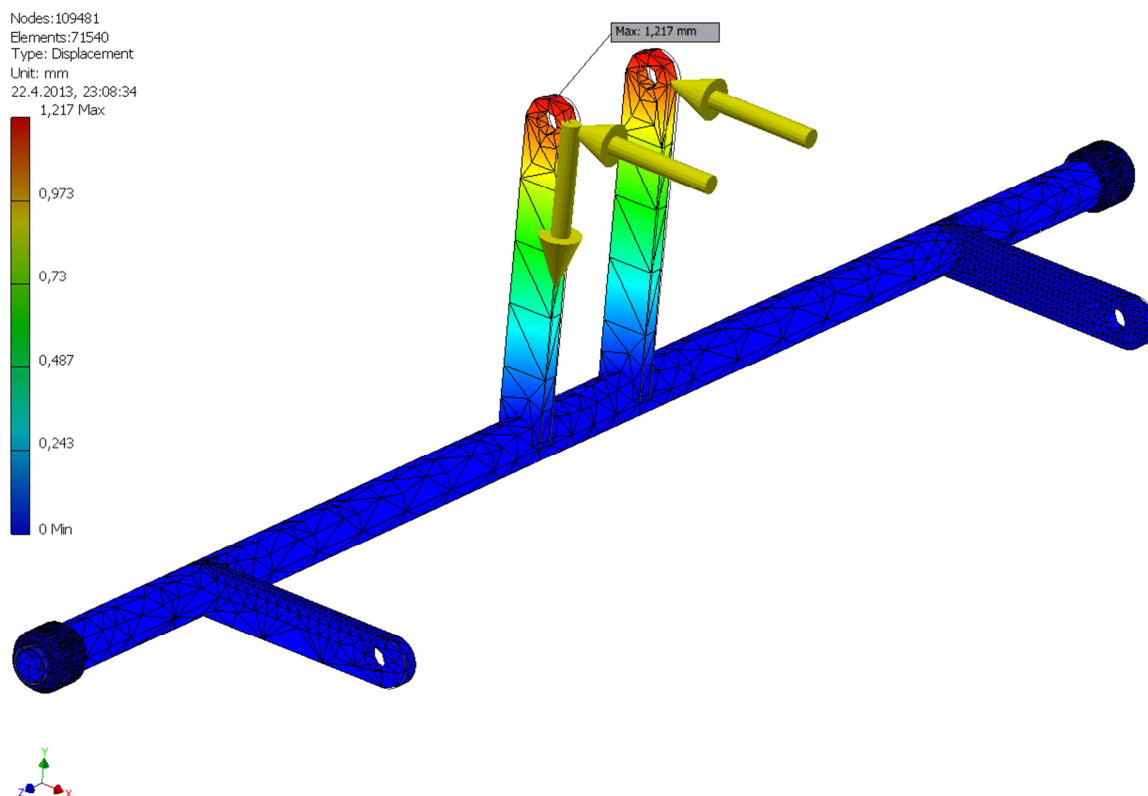


Obr. 7-12 Napětí na páce dle Von Mises



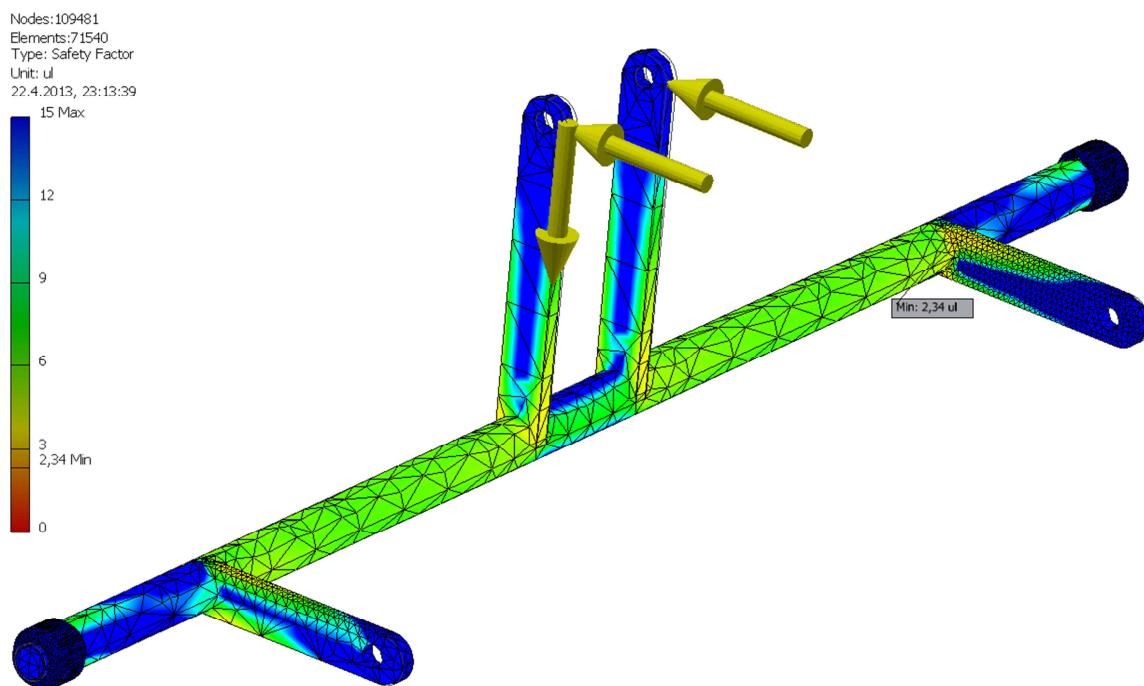
Obr. 7-13 Detailní pohled na místo s největším napětím

Další výstupní hodnotou simulace je posunutí jednotlivých částí páky. Největší posunutí je podle očekávání v místě působení sil, tj. v horní části svislého ramene (viz obr. 7-14). Maximální hodnota je 1,217 mm. Na funkčnost toto posunutí nemá žádný zásadní vliv.



Obr. 7-14 Zobrazení posunutí

Bezpečnost je porovnávána s maximálním dovoleným zatížením daného materiálu v tahu. Pro nejnamáhavější místo páky má statická bezpečnost hodnotu $k_s = 2,34 [-]$, což by mělo být dostačující (viz obr. 7-15).



Obr. 7-15 Statická bezpečnost po celé páce

7.3 Zhodnocení simulace

Ze simulace metodou konečných prvků (MKP či FEM) jsem dospěl k výsledkům, ve kterých místech páky, a jak velké je napětí způsobené zatížením. Z toho dále vyplynuly hodnoty bezpečnosti, které vyšly dostatečně velké. Vyzkoušel jsem různá nastavení sítě modelu a výsledky se nijak drasticky nelišily. Dle mého názoru lze tedy těmto výsledkům interpretovaných softwarem Autodesk Inventor 2012 věřit.

8. Návod k použití skimmeru

Aby byl skimmer připraven plnit v případě potřeby správně svou funkci, je důležité udržovat jeho baterie nabité. Dále je nutno samotný skimmer udržovat čistý, tzn. po každém použití důkladně opláchnout vodou ty části, které přišly do styku s ropným produktem.

Na místo zásahu se skimmer dopraví ve složeném stavu. V tomto stavu je skimmer nejen skladnější, ale hlavně neleží svou vahou na savici s vanou. Tím, že spočívá na plovácích, je také zajištěna jeho stabilita na suchu. Ve složeném stavu je díky snadnému přístupu k savici možné upevnit hadici k čerpadlu.

Do provozního stavu je doporučeno jej rozložit až těsně před spuštěním na vodu. Po roztažení plováků se prvním vypínačem připojí akumulátor a přijímač. Tím se aktivuje možnost dálkově ovládat aktuátor. Skimmer s roztaženými plováky by měly do vody umisťovat dvě osoby. Pro jednu osobu je docela rozměrný a těžký. Tahání skimmeru v rozloženém stavu po zemi je zakázáno. Hrozilo by poškození vany a součástí mechanismu.

Po uložení na vodní hladinu se musí nastavit mechanismus vany tak, aby kyvná páka byla přibližně ve svislé poloze a přepadová hrana se nacházela asi 5 mm nad okolní vodní hladinou. Tak se elektrický aktuátor dostane přibližně do středové polohy. Následně je nutné napustit do vany tolik vody, aby se hladina v ní nacházela mezi oběma čidly. Poté se druhým vypínačem zapne elektronika. Od tohoto okamžiku je vodní hladina ve vaně regulována automaticky. Skimmer je tímto připraven k zahájení čerpání.

Podle tloušťky znečišťující vrstvy je vhodné nastavit výkon čerpadla. Čím více se bude průtokový výkon čerpadla blížit skutečnému přítoku do sběrné vany, tím méně bude muset elektronika regulovat polohu vany a sběr tak bude přesnější. Tyto hodnoty odpovídají grafu na obr. (5-5). V tabulce 8-1 je uvedeno několik hodnot výšek přepadu a jim odpovídajícím průtokům.

Tabulka 8-1 Přibližný odhad potřebného průtoku čerpadla

Výška sbírané vrstvy [mm]	Průtok [l/min]
1,4	5
2	8
4	23
6	43
10	92
14	153
18	223
22	300

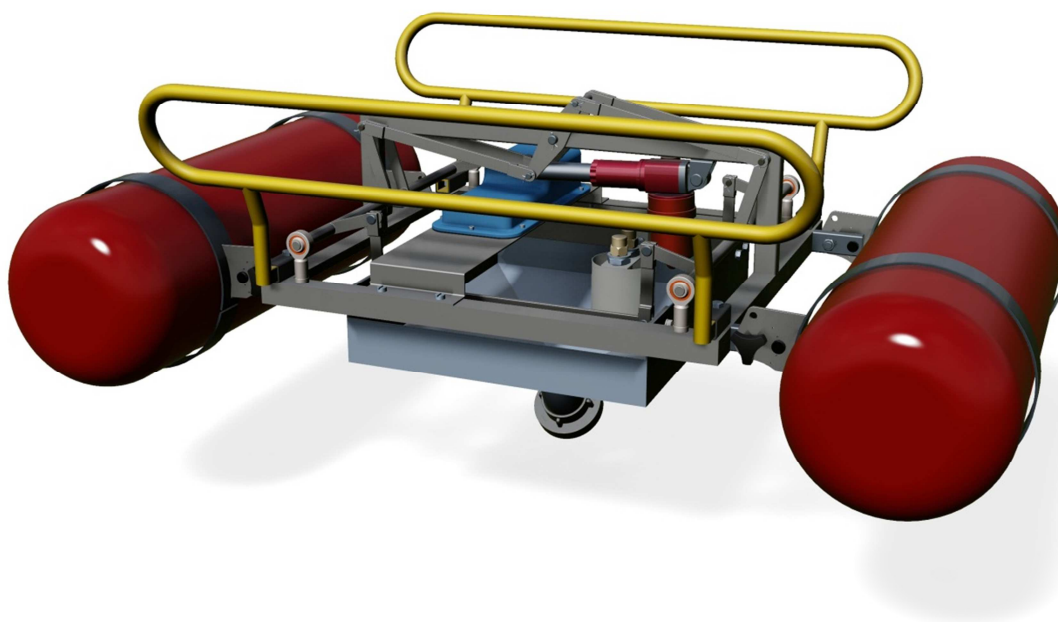
Během čerpání se může dálkovým ovládačem kdykoliv zasáhnout do ovládání a korigovat tak ponoření sběrné vany. Reakce aktuátoru na impuls dálkového ovladače závisí na nastavení jumperů na přijímači (viz tabulka 4-3).

Pro ukončení čerpání stačí jen vypnout čerpadlo. Sběrná vana se začne zaplňovat vodou a elektronika zvedne sběrnou vanu do krajní polohy, aby už další voda nepřitékala. Pak jen stačí skimmer přitáhnout k břehu, vypnout řídicí elektroniku a odpojit akumulátor. Sběrná vana by se měla nacházet ve své horní poloze. Po zkontrolování této skutečnosti se můžou sklopit plováky do transportní polohy. Pokud by vana nebyla ve své horní poloze, nebylo by možné plováky sklopit a zajistit.

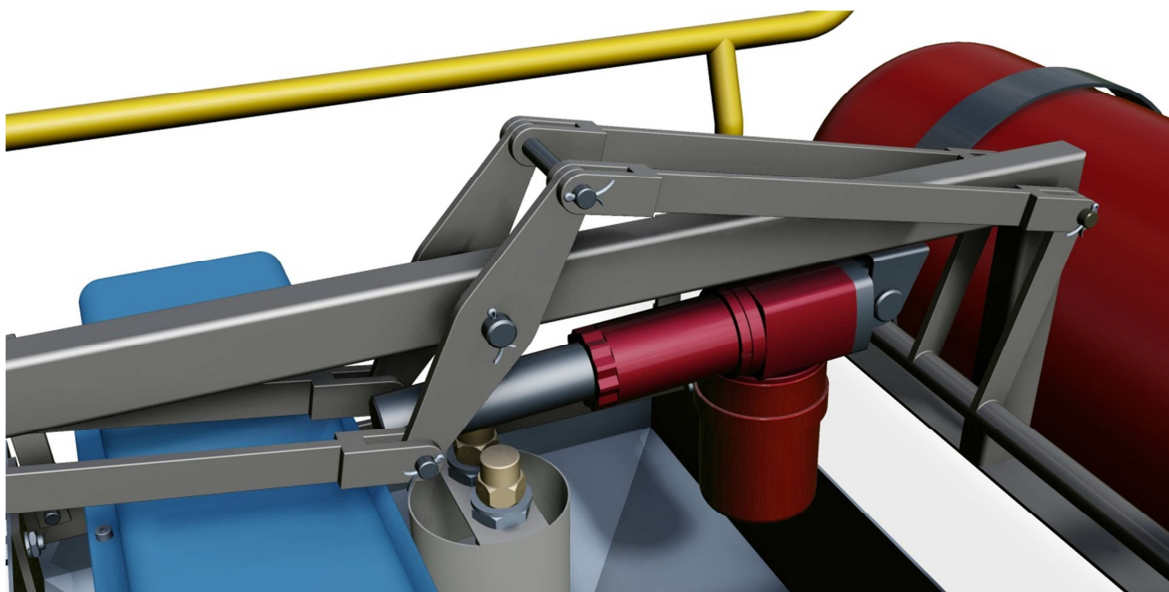
9. Závěr

Aby tento skimmer správně fungoval v rozmezí zadaných parametrů, bylo třeba při návrhu jeho konstrukce vycházet nejprve z plovacích vlastností. Hladina okolní vody a hladina kapaliny ve sběrné vaně se musí nacházet v přesně požadované úrovni, což zajistí elektronika. Následně bylo řešeno pevnostní dimenzování nejzatěžovanější součásti a funkčnost konstrukce celého mechanismu včetně výběru vhodných strojních i elektronických komponentů. Ty dávají obsluze velkou výhodu v možnosti ovládat výšku sbírané vrstvy dálkově. Tím se urychlí nastavování a zvýší bezpečnost obsluhy. Také sklápění plováků do transportní polohy je vyřešeno dle požadavků firmy Zahas.

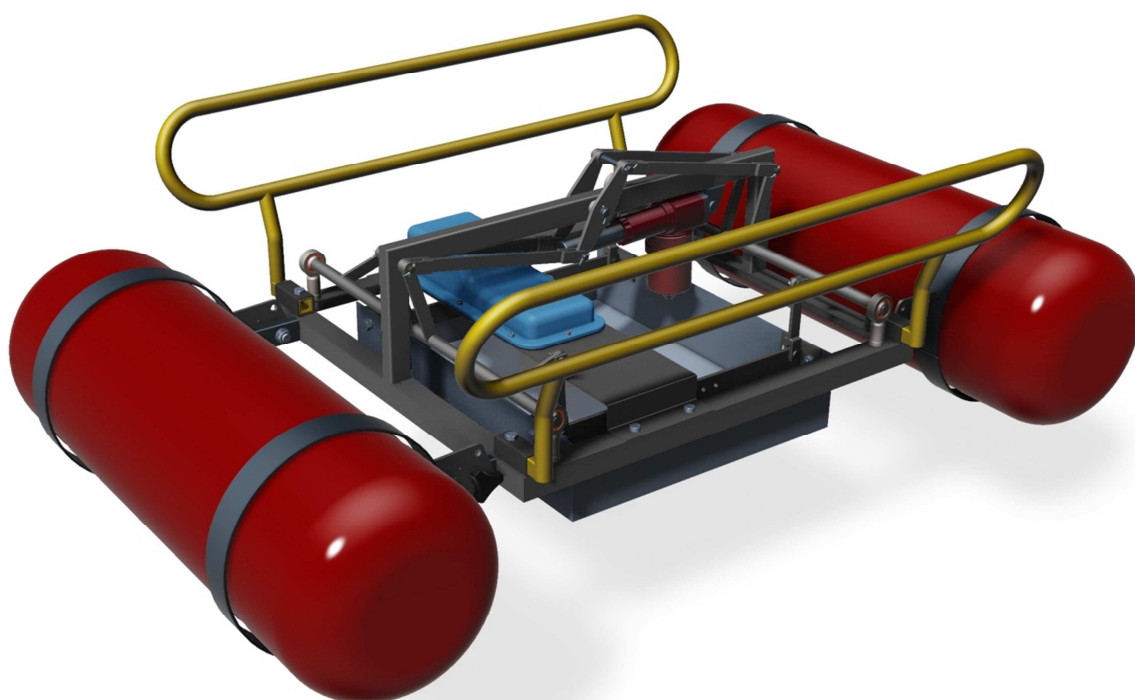
Tato bakalářská práce neřeší detailní konstrukci elektroniky, která ovládá úroveň hladiny ve sběrné vaně. Celý návrh konstrukce skimmeru je vyrenderován vizualizačním softwarem na obr. 9-1 až 9-3.



Obr. 9-1 Vyrenderovaný 3D model skimmeru



Obr. 9-2 Detailní pohled na mechanismus s aktuátorem



Obr. 9-3 Skimmer z jiného pohledu

Chtěl bych na tomto místě poděkovat Ing. Oldřichu Učňovi, Ph.D. za cenné rady a vedení při tvorbě této bakalářské práce.

10. Seznam použité literatury

- [1] DRÁBKOVÁ, Sylva. *Mechanika tekutin*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007. 257 s. ISBN 978-80-248-1508-4.
- [2] MATOUŠEK, Václav – PICEK, Tomáš. Měření průtoku [online]. Praha, 2011 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/Hya/ke_stazeni/prednasky/12_mereni_prutoku.pdf. Přednáškové slidy předmětu hydraulika. ČVUT.
- [3] BARRASS, Bryan – DERRETT, D.R. . *Ship Stability for Masters and Mates*. 6. vyd. Amsterdam: Elsevier, 2006. 531 s. ISBN 13:987-0-7506-6784-5.
- [4] Petroleum product. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2013 [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Petroleum_product
- [5] Ropné nehody. In: *Greenpeace*. [online]. 2011 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: http://www.greenpeace.org/czech/cz/Kampan/klima_a_energetika/Arktida/honba-za-ropou/ropne-havarie/
- [6] URCOVÁ, Šárka. Ropné látky v životním prostředí : bakalářská práce. Brno :– Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta, 2010, 52 s. Vedoucí práce: Klánová, J.
- [7] Úniky ropných látek a jejich likvidace. In: *Olejecz*. [online]. 2013 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.oleje.cz/clanek/Uniky-ropnych-latek-a-jejich-likvidace>
- [8] Vznik ropy. In: *Ropacz*. [online]. 2013 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: <http://www.ropa.cz/vznik-ropy/>
- [9] KULICH, Martin a Martin KELTOŠ. Učební text k semináři. In: *Problematika nebezpečí výbuchu v návaznosti na požadavky a výběr elektroinstalace a ochranných systémů* [online]. 2011 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_06_1105.pdf
- [10] Peristaltické čerpadlo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2013 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Peristaltick%C3%A9_%C4%8Derpadlo
- [11] VOJÁČEK, Antonín. Principy průmyslových čerpadel: 4.díl - odstředivá čerpadla. In: *Automatizace.hw*. [online]. 2011 [cit. 2013-04-12]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/principy-prumyslovyh-cerpadel-4dil-odstrediva-cerpadla>
- [12] Sestavený přijímač dálkového ovládání 2 kanály KEELOQ. In: *Flajzar electronics*. [online]. 2012 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: <http://www.flajzar.cz/dalkove-ovladani-rf-868-434mhz/sestaveny-prijimac-dalkoveho-ovladani-2-kanaly-keeloq.htm>

- [13] Vysílač KV2TX s plovoucím kódem - 2 kanály - Keeloq – kovový. In: *Flajzar electronics*. [online]. 2013 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: <http://www.flajzar.cz/dalkove-ovladani-rf-868-434mhz/vysilac-kv2tx-s-plovoucim-kodem-2-kanaly-keeloq-kovovy.htm>
- [14] DC aktuátor ALI2. In: *Raveo*. [online]. 2012 [cit. 2013-04-13]. Dostupné z: <http://raveo.cz/stejnospriemery-aktuator-ali2>
- [15] SVOBODA, Pavel – BRANDEJS, Jan – DVOŘÁČEK, Jiří et al. *Základy konstruování*. Brno: Cerm, 2009. ISBN 978-80-7204-633-1.
- [16] Oil Skimmers for Floating Oil. In: *Skimoil.inc*. [online]. 2013 [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: http://www.skimoil.com/oil_skimmers.htm
- [17] Speciální prostředky: Dekontaminace. In: *Reo Amos*. [online]. 2010 [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: <http://www.reoamos.eu/gwgate/files/catalog/cz/268.pdf>
- [18] What are Oil Skimmers?. In: *Wise Geek*. [online]. 2011 [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://www.wisegeek.com/what-are-oil-skimmers.htm>
- [19] Durbal BEF. In: *Katalog D 2005* [online]. 2005 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.korbel-loziska.cz/upload/BEF.pdf>
- [20] Záložní gelové akumulátory do UPS: CSB HR1224W F1F2. In: *Atoll Europe* [online]. 2009 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.atoll-europe.cz/eshop/akumulatory/zalozni/csb-hr1221wf2-1.html>
- [21] Kluzná pouzdra: Iglidur X tvar F. In: *Hennlich* [online]. 2013 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: <http://www.hennlich.cz/produkty/kluzna-pouzdra-a-vedeni-kluzna-pouzdra-iglidur-x-599/tvar-f-2.html>

11. Seznam příloh

- A Sestava Skimmer (výkres formátu A0)
- B Táhlo vany (výkres formátu A3)
- C Páka (výkres formátu A3)
- D Vodorovné rameno páky (výkres formátu A4)
- E Svislé rameno páky (výkres formátu A4)
- F Tyč páky (výkres formátu A4)
- G Středový čep (výkres formátu A4)
- H CD-ROM