

Gymnázium Dr. Emila Holuba
Na Mušce 1100, 534 01 Holice
Fyzikální seminář



Víry a jejich využití v 21. století.

SEMINÁRNÍ PRÁCE

Matyáš Majce

8.C

Holice 2016

Vedoucí práce Jiří Nechvíle

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně, a všechny použité zdroje informací jsem uvedl v seznamu zdrojů

V Holicích

.....

Anotace

Seminární práce se zaměřuje na využití víru v technice a fyzice. V práci jsou popsány a vysvětleny jak základní tak i odborné pojmy, které se v tomto oboru využívají. Dále jsem popisoval instalaci a princip měření průtokoměru, který pracuje na principu vortex. Zaměřil jsem se také na pozitivní a negativní vlastnosti víru jak v přírodě, tak v technické praxi. Jednu část jsem věnoval popisu aplikací kde současnosti a kde by se v budoucnu mohl používat vír či vírový pohyb, například k výrobě elektřiny. Praktickou část jsem věnoval pozorování víru v kapalině a zkoumání jeho vlastností a chování.

Obsah

1. Úvod	5
2. Stanovení cíle.....	6
2.1 Cíl seminární práce.....	6
3. Teoretický úvod	7
3.1 Základní pojmy	7
3.1.1 Vírový pohyb / proudění	7
3.1.2 Rankinův vír.....	7
3.1.3 Talk uvnitř víru.....	8
3.1.4 Kavitace.....	8
3.1.5 Karmanova vírová stezka	9
3.2 Druhy vírů vyskytujících se v přírodě	10
3.2.1 Mořský vír	11
3.3 Na kterou stranu se vír otáčí?	11
4. Praktická část.....	12
4.1 Pozorování víru.....	12
4.2 Měření průtoku kapalin	13
5. Využití vírů.....	14
5.1 Využití vírového proudění v současnosti	14
5.2 Využití vírového proudění v budoucnosti	14
6. Závěr	16
7. Seznam použitých zdrojů	17

1. Úvod

V bájích a legendách z pradávné doby se nejčastěji vyskytuje vír vznikající na mořích a strhávající sebou celé lodě, posádky a drahocenné náklady do hlubin. Nicméně tento veřejností velice známý vír není jediný, který se v přírodě vyskytuje.

Vír neboli vírový pohyb ovlivňuje život na Zemi víc, než si myslíme a to hned na několika úrovních. Víry největších rozměrů formují galaxie, hvězdy a planety. Nejmenší jsou víry vznikající za křídami ptáků či drobného hmyzu. Vírový pohyb ovlivňuje náš každodenní život. Obrovské množství neustále se měnících vírových struktur najdeme od mořských proudů až po cirkulace v atmosféře. Některé mají velké destrukční účinky, například hurikány, které mají velkou obvodovou rychlost.

Vírový pohyb se dá použít v různých technických aplikacích. Pomocí něho se dají například oddělovat různé částice od sebe (centrifuga), nebo pomocí vírového průtokoměru můžeme zjistit rychlost proudění kapaliny. Vírové copy (pohyb) vznikají nechtěně za vodní turbínou, při které tlakové pulsace ničí ložiska a urychlí rychlost opotřebení.

Přestože víry najdeme všude kolem nás, jejich přesné vlastnosti nejsou doposud přesně proměřeny. Jejich lepším poznáním můžeme zvýšit efektivitu všech přístrojů, které využívají víry. A proto je vírový pohyb důležité studovat a poznat.

2. Stanovení cíle

2.1 Cíl seminární práce

Za cíl této seminární práce si kladu to, abych shrnul poznatky, které o vírech byly doposud zjištěny. Protože si myslím, že ne každému je jasné, jak víry vznikají, jak je možné že vzduch nebo voda začnou najednou obíhat dokola.

Další cíl je najít a zaznamenat využívání vírů v minulosti, současné využití a o jakém využití se začíná uvažovat do budoucna. Popřípadě nějaké nové použití vymyslet a zkusit prokonzultovat s odborníky.

3. Teoretický úvod

3.1 Základní pojmy

3.1.1 Vírový pohyb / proudění

Základní vlastností tohoto pohybu je rotační pohyb. Mezi nejpoužívanější definici vírů patří následující dvě:

- Vír je pohyb velkého počtu hmotných bodů obíhajících kolem společného středu
- Pojem vír je označována oblast tekutiny (ale i plynů nebo galaxií), ve které převažuje vířivost nad smykovými deformacemi.

Pro přesnější pochopení, vířivé proudění znamená, že se částice otáčí kolem své osy.

Fyzikální veličina, kterou je možné popsat vírové proudění je tzv. vířivost ω . Je to vektorová veličina. Z matematického pohledu je vířivost definována tímto vztahem

$$\vec{\omega} = \text{rot} \vec{v} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ v_x & v_y & v_z \end{vmatrix}$$

Proudění kapaliny je poté možno rozdělit do dvou skupin:

- $\omega = 0$: Potenciální proudění – částice nerotují kolem vlastní osy
- $\omega \neq 0$: Vířivé proudění – částice rotují kolem vlastní osy

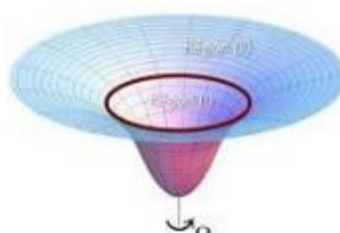
Zajímavá věc, kterou jsem tady o tom našel je, že vír nemůže existovat bez vířivosti, ale když je v kapalině přítomná vířivost, nemusí to znamenat existenci víru.

3.1.2 Rankinův vír

Je to pohyb kapaliny složený jak z potencionálního proudění tak i z vířivého proudění (To jsou dva modely víru) Krásně si to lze představit jako rotující válec (např. Vzniká v nádobě, která je naplněna vodou a dírou na dně odtéká ven), vně se nachází potencionální proudění a uvnitř válce to je vířivé proudění (částice rotují kolem vlastní osy).



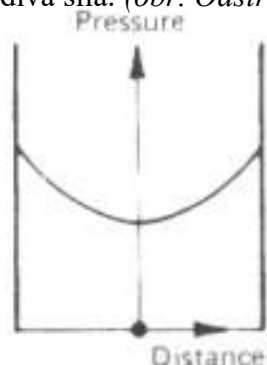
Obr 1 Fotka Rankinova víru



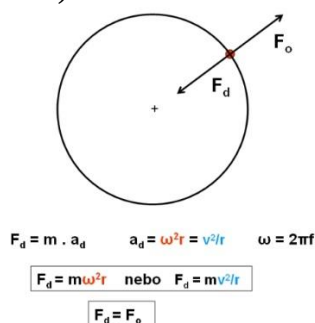
Obr 2 Model Rankinova víru

3.1.3 Tlak uvnitř víru

Tlak je podstatná část znalosti o vírech, pokud chceme pochopit jejich vznikání a vlastnosti. Jeho rozložení uvnitř víru není konstantní, ale parabolické jak můžete vidět na (obr. Parabolické rozložení tlaku) roste směrem od osy rotace (pozor nemusí to vždy být střed víru) k okraji. To je v důsledku působení odstředivé síly na částice víru směrem k okraji nádoby, v níž se vír vyskytuje. Proto se kapalina v nádobě na okrajích zvedá. Musí ale působit zákon zachování silové energie a proto na částice působí i stejná dostředivá síla. (obr. Odstředivá a dostředivá síla)



Obr 3 obrázek parabolického víru
1

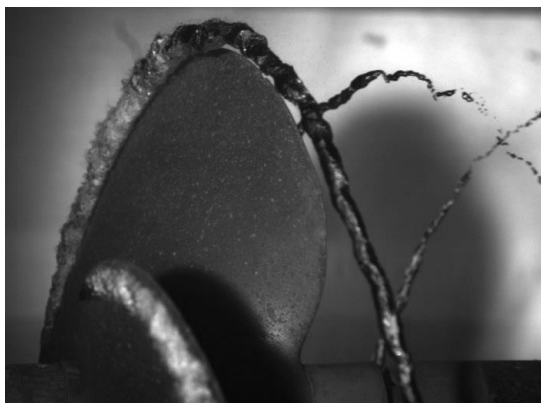


Obr 4 Odstředivá a dostředivá
síla 1

Co to pro nás znamená? Pokud do nádoby s kapalinou dáme částice lehčí, nebo těžší než je daná tekutina (prachové částice, list, olej...) tak se naruší rovnováha odstředivých a dostředivých sil a cizí částice buďto putuje do středu (je-li těžší nežli tekutina, tak se pohybuje směrem do středu, kde se následně zastaví) anebo k okraji nádoby (je-li lehčí nežli tekutina).

3.1.4 Kavitace

Je to vznik dutin v kapalině. Určitě jste někdy přemýšleli, kde se za lodním šroubem berou „bublíny“. Hezky to je vidět na (obr. Kavitace 1/2). Za lodním šroubem můžeme vidět tvorbu bublin. Ty vznikají v důsledku poklesu tlaku, kolem rychle rotujícího tělesa, v našem případě lodní šroub. To se označuje jako hydrodynamická kavitace. Kavitace (ta „bublína“) je z počátku vyplněna vakuem, do kterého proniknou vodní páry z okolní tekutiny či do ní difundují ostatní plyny. Vzniká na zařízeních, které se pohybují velkou rychlostí, např. v čerpadle, na turbínách či lodních šroubech. Poškozuje to lopatky. Největší vliv na vznik tohoto jevu má především – teplota, tlak, povrchové napětí a velikost podtlaku



Obr 5 Kavitace 1

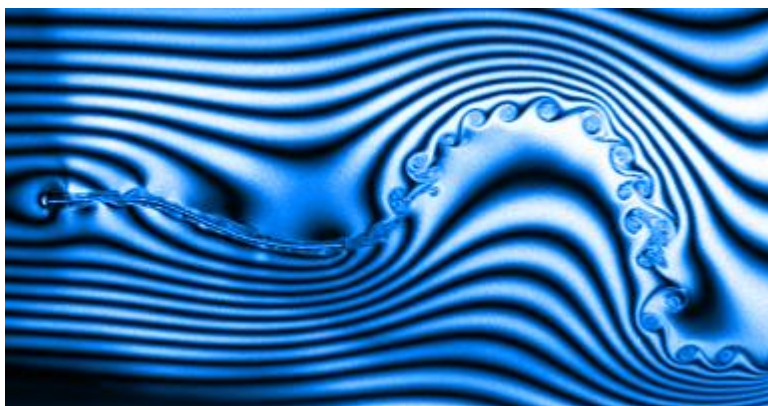


Obr 6 Kavitace 2

3.1.5 Karmanova vírová stezka

Není to sice nejzásadnější věc, kterou by zkoumali vědci na vírech, ale v mé seminární práci se jí budu hodně věnovat a to z toho důvodu, že se používá při měření rychlosti proudění kapaliny ve vírových průtokoměrech. O těch bude samotná kapitola v praktické části.

Tato vírová stezka vzniká za tělesem při daných parametrech proudění. Obecně platí, že kapalina se musí proudit rychlostí minimálně $0,9/1$ min. Je to z toho důvodu, že od této hranice tam začne vznikat vírová stezka. Když je minimální rychlost dosažena tak se víry jednotlivě oddělují od tělesa a jsou dále unášeny proudem. Ve vírových průtokoměrech jejich frekvenci měří Piezoelement (měří rozdíly v tlaku, sílu a směru vírů).



Obr 7 Karmanova vírová stezka 1

3.2 Druhy vírů vyskytujících se v přírodě

Různé velikosti vírů můžeme najít v přírodě, ať už úplně mikroskopických po víry na Saturnu či v Galaxiích. Víry vznikají především kvůli rozdílné teplotě a hustotě či rozdílného působení gravitačního pole. Následující tabulka zobrazuje typy vírů.

Druh víru	Velikost víru (průměr)
Kvantové víry v supratekutém kapalném heliu	10^{-8} cm
Nejmenší turbulentní víry	0,1 cm
Víry vytvářené hmyzem	0,1 – 10 cm
Víry za listy	
Vírové kroužky vznikající při pohybu olihni	
Víření prachu na ulicích	1 – 10 m
Vodní víry ve slapových proudech	
Prašné bouře	
Vírové kroužky při vulkanických erupcích	100 – 1000 m
Větrné a vodní smrště	
Proudění v mracích	
Víry, které se separují od Golfského proudu	100 – 2000 km
Hurikány	
Fronty nízkého a vysokého tlaku	
Cirkulace v oceánech	2000– 5000 km
Obecná cirkulace v atmosféře	
Proudění v supercelách v atmosféře Země	
Atmosféry planet	5000 – 10^5 km
„Great Red Spot“ Jupiteru (velké červená skvrna)	
Skvrny na Slunci	
Rotace uvnitř hvězd	Závisí na velikosti hvězdy
Galaxie	V řádu světelných let

tab. Druhy vírů 1

3.2.1 Mořský vír

Tento vír je velmi dobře znám i mezi laickou veřejností . Je to útvar v moři, který se vytváří, když se střetnou dva opačné proudy. Mořský vír o velké síle se nazývá malstróm, podle populárního víru tohoto druhu v Norsku. Tvoří se převážně na úzkých a mělkých místech, nejčastěji v zátokách. Ale jsou i takové, které najdeme na otevřeném moři.

Víry dříve představovali velké nebezpečí pro rybářské a obchodní lodě. V dnešní době satelitního snímkování a dobře zmapovaných míst, kde se víry tvoří, je šance že vír „spolkne“ nějakou loď téměř nulová. Větší nebezpečí ale hrozí plavcům a potápěčům, kteří mohou být snadno vtaženi během chvilky do značné hloubky.

3.3 Na kterou stranu se vír otáčí?

Myslím si, že každý jste jistě slyšeli, že směr rotace víru je závislý na tom, jestli se nacházíte na Jižní nebo severní polokouli. Řada z nás se ale již jistě přesvědčila, že tomu tak není. Důvodem proč by tomu tak být mělo, tak jsou Coriolisovy síly, ale tady si musíme uvědomit, že abychom je mohli aplikovat i na nádoby jako je například umyvadlo, nebo vana, tak by museli být velice velké, a to minimálně 10m v průměru.

Z toho vyplývá, že v běžných podmínkách má na směr rotace víru největší vliv tvar nádoby či otvoru kudy tekutina vytéká a také udělení počátečního směru proudění při vytažení špuntů z nádoby.

4. Praktická část

4.1 Pozorování víru

Pro dobré sledování chování základního víru, jsem si připravil experiment. V němž jsem do skleněné nádoby nalil vodu a také trochu oleje. Protože olej má menší hustotu než voda, tak se při vířivém pohybu v nádobě drží uprostřed a tím se dá vírový pohyb dobře vizualizovat. Na vytvoření víru jsem používal jídelní lžici, protože nevlastním magnetický míchací přístroj, který by byl na tento pokos ideální.



Obr 8 Pozorovací laboratoř



Obr 9 Olej v kapalině

Při pozorování jsem zjistil, že čím rychleji se vír otáčí, tak tím větší množství se akumuluje uprostřed víru (viz *Vír ve vodě 1*). Při maximální rychlosti otáčení, které jsem byl schopen dosáhnout, se už od víru oddělují kapičky oleje, které dále znemožňují kvalitní pořízení fotografie (viz *Vír ve vodě 2*)



Obr 10 Vír ve vodě 1



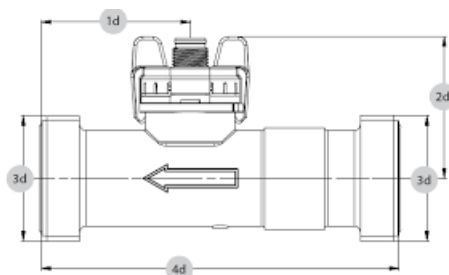
Obr 11 Vír ve vodě 2

4.2 Měření průtoku kapalin

Měření průtoku kapalin pomocí vírového pohybu, byl jeden z důvodů, proč jsem se rozhodl pro toto téma mé seminární práce. Můj táta prodává přístroje na měření různých fyzikálních veličin, které si kupují většinou velké výrobní komplexi. Mezi ně patří senzor na měření průtoku (viz *Senzor průtoku kapaliny 1*)

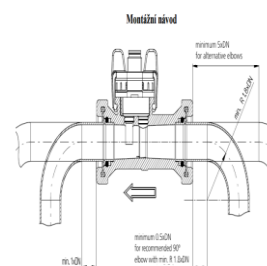


Obr 12 Senzor průtoku kapaliny 1



Obr 13 Senzor průtoku kapaliny 2

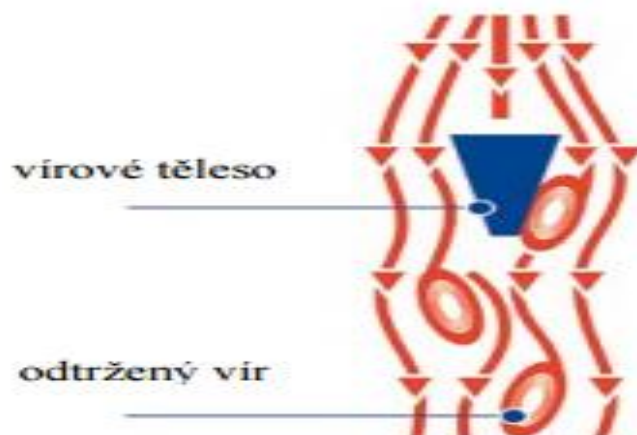
Tento senzor pracuje na principu Karmánové vírové stezky. Protékající kapalina naráží do vírového tělesa, za kterým se vytváří již zmíněná stezka, o které jsem psal více výše. V určité vzdálenosti za přepážkou (záleží na průměru trubky) je umístěn piezo element, který dokáže snímat velice malé rozdíly v tlaku, které tam vznikají díky mikro vírům. Z toho pak už program vypočítá rychlost kapaliny.



Výhoda tady toho senzoru je, že se nezanáší a dokáže měřit velice přesně a to kolem 1% rozsahu. Nevýhoda je že musí protékat víc jak 0.9 l/min aby se tam vytvořili víry (samozřejmostí je že u senzorů na větší průměry jsou tyto hodnoty nepatrně větší)

Obr. 13.2
Karmánova vírová

Díky mému Tátovi jsem se dostal do fabriky, kde zrovna instalovali tento druh průtokoměrů. Potřebovali měřit rychlost průtoku vody ve vodovodním potrubí. Byl to zajímavý zážitek, a odnesl jsem si z toho mnohá poučení. Například to, že před tímto senzorem musí být trubka minimálně 1 tak dlouhá, jako je průměr trubky. Je to z toho důvodu aby se v té části ustálila protékající kapalina a nijak neskreslovala probíhající měření. Podle mého názoru, je tento senzor ten nejlepší na měření průtoku kapalin



Obr. 13.3 Montáž průtokoměru

5. Využití vírů

5.1 Využití vírového proudění v současnosti

V dnešní době víry nebo vírový pohyb používáme ve vírové turbíně, jako oddělovač nečistot, vírové průtokoměry, centrifugy a další. Využití není zas tak rozsáhlé, ale zato studie vírů je velmi důležitá. Protože když dokážeme pochopit, jak se chovají víry např. za křídly letadel a za loděmi, tak podle toho můžeme, navrhnou lepší tvary křídel či trupů lodí.

5.2 Využití vírového proudění v budoucnosti

Do budoucna se plánuje využití vírů v široké škále technických odvětví. Jeden ambiciózní se týká nového typu větrných elektráren. Ty současné pracují na stejném principu jako pracovali již staré dřevěné mlýny v Holandsku, a to že vítr roztáčí lopatky, které dávají do pohybu buďto nějaký stroj či generátor elektrické energie. Problémy těch současných jsou nároky na prostor a hlučnost.

Nový typ (obr. *Vortex wind turbine*) má úzkou kruhovou základnu, ze které se tyčí postupně se rozšiřující vrchní část. Elektřina v něm nevzniká stejným generátorem jako v současných, ale díky elektromagnetické indukce, která je uvedena do pohybu díky horní části, která se díky svému speciálnímu tvaru rozvibruje již při malé rychlosti větru.

První prototyp je již ve výstavbě. Bude vysoký 13 m, hmotnost bude kolem 100 kg a výkon by měl být 4KW. Pro představu, větrné elektrárny, které se staví dnes, se pohybují u hmotnosti kolem 100t a výkon se pohybuje kolem 1MW. Na první pohled je vidět že první kus nesahá se svým výkonem ani po kotníky těm dnešním. Do roku 2018 mají v plánu postavit větší variantu s výkonem 1MW a také velice malou o výšce 4m, váze 10kg, která bude mít výkon 100W.

Jak jsem psal více, tak problém rotorových větrných elektráren je nárok na místo (musíme mít mezi sebou rozestupy, aby si „nekradli“ energii větru) a hlučnost. V tom tkví síla vortexové elektrárny. Díky tomu, že využívají energii větru, který proudí těsně kolem ní, tak ve větrných farmách mohou být tyto umístěny v několikanásobně hustší síti a tím pádem na stejné ploše dostaneme daleko větší energické výnosy.

Další nespornou výhodou je, že náklady na výrobu se údajně bude pohybovat kolem 1/3 té rotorové a samotná údržba by také měla být daleko jednodušší a levnější. Svoji hlučností, která je malá nebude rušit okolní obyvatele a přírodu.



Obr 14 Vortex wind turbine 1



Obr 15 vize větrné farma

Další využití vírového pohybu, se kterým se počítá do budoucna jsem bohužel nenašel. Ale podle mého názoru by nebylo špatné zkusit nějak využít víry v mořích, které se tvoří v místech, kde se setkávají dva mořské proudy. Protože se tam pohybuje velké množství defakto volné energie.

6. Závěr

V první části mé seminární práce jsem shrnul základní poznatky, které známe o vírech a také ty na které jsem v dalších částech navazoval, nebo sledoval u různých přístrojů. Dospěl jsem k závěru, že vírový pohyb se chová dosti podobně, jak ve vzduchu, tak v kapalinách a platí pro něj velice podobné zákonitosti. Zajímavé vlastnosti vírového pohybu jsou využívány ve spoustě přístrojů, například karmánova vírová stezka se používá k měření průtoku kapalin

V praktické části jsem se věnoval pozorování víru v kapalině. K tomu jsem si připravil jednoduchý experiment, kdy jsem do nádoby s vodou nalil olej, zamíchal a pozoroval jeho vlastnosti. Podařilo se mi pořídit pár zajímavých snímků, ale kvůli absenci lepšího míchacího přístroje, u kterého bych byl schopen regulovat otáčky, se mi nepodařilo docílit krásného a čistého víru.

V další část praktické části jsem věnoval popisu senzoru na měření průtoku kapalin. Tento senzor jsem sám mnohokrát na vlastní oči viděl a zkoumal. Také jsem byl u jeho instalace do výrobní haly jedné firmy. Dospěl jsem k závěru, že tento typ průtokoměru je jeden z nejlepších a nejpresnějších, které teď existují.

V závěrečné části mé práce jsem hledal využití vírů a vírového pohybu v současnosti a s jakým se počítá do budoucna. Nejvíce mě zaujalo využití vírů k výrobě elektrické energie na vortexových větrných elektrárnách. Místo klasických rotorů, které roztáčí generátor, se využívá elektromagnetická indukce, která se dá do pohybu díky vibračním horní části vortexové elektrárny.

7. Seznam použitých zdrojů

MAREK, Vlastimil. *Něco v síti: fejetony, které vycházely od roku 1997 na internetu na adrese <http://svet.namodro.cz>*. 1. vyd. Praha: Dharma Gaia, 1999. ISBN 80-86013-57 X

Prirodovedci.cz. *Přirodovědci* [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z:

<https://www.prirodovedci.cz/zeptejte-se-prirodovedcu/31>

MCKENNA, Phil. *Bladeless Wind Turbines May Offer More Form Than Function* [online].

In: . s. 4 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z:

<https://www.technologyreview.com/s/537721/bladeless-wind-turbines-may-offer-more-form-than-function/>

JÍZDNÝ, Martin. *Vlastní tvary vírového proudění*. Brno, 2011. VUT. Vedoucí práce Doc.

Ing. Pavel Rudlof, Ph.D.

JÍZDNÝ, Martin. *Od tornáda k vodní turbíně*. Brno, 2009. Bakalářská. VUT. Vedoucí práce

Ing. Pavel Rudlof, Ph.D.

TYC, Tomáš. *Víry kolem nás: Zajímavá fyzika*. Brno, MUNI, 2015.

MAJCE, Michal. *Senzor průtoku kapalin typ 210*. Holice, 2012

HUBA, Control. *Flow sensor for liquid media type Type 210*. Wurenlos, 2013.