

**Střední odborná škola požární ochrany
a Vyšší odborná škola požární ochrany**



Velkokapacitní modul čerpání MČS 180/330

Absolventská práce

Student: Radim Karas

Vedoucí absolventské práce: Mgr. Miroslav Tvrď

Obor vzdělání: 39-08-N/.. – Požární ochrana a bezpečnost práce

Vzdělávací program: Prevence rizik a záchranářství

Datum odevzdání: 28.4.2023


Střední odborná škola požární ochrany a Vyšší odborná škola požární ochrany
Pionýrů 2069, 738 01 Frýdek-Místek


PŘIHLÁŠKA

absolventské práce

Jméno a příjmení studenta	Karas Radim
Obor vzdělání	39-08-N/.. – Požární ochrana a bezpečnost práce
Vzdělávací program	Prevence rizik a záchranářství
Forma vzdělávání	kombinovaná
Rok konání absolutoria	2023
Závazně vybrané téma absolventské práce	Velkokapacitní modul čerpání MČS 180/330
Anotace	Práce představuje nový velkokapacitní modul čerpání vody pro dálkovou dopravu vody, provádění hasebních prací s potřebou dodávky velkého množství hasební vody i pro potřeby odvodňování povodňových lagun na velké vzdálenosti. Práce obsahuje seznámení se stávajícími velkokapacitními čerpadly provozovaná u HZS ČR a to jak Hydrans fire systém, tak i čerpadla Sigma. Poté srovnává stávající prostředky pro velkokapacitní čerpání s novým modulem MČS Sigma 180/330. Součástí je i praktické srovnání při výcviku provedeném ve spolupráci s HZS MSK, povodím Odry, s. p. a Sigma VVÚ, s. r. o.
Cíl práce	Cílem práce je ověření výkonových parametrů nového velkokapacitního modulu čerpání pro potřeby HZS ČR.
Vedoucí práce	Mgr. Miroslav Tvrđý
Termín odevzdání absolventské práce	28. 4. 2023

Ve Frýdku-Místku dne 9. 9. 2022


.....
podpis studenta


.....
podpis vedoucího práce

**Střední odborná škola požární ochrany a Vyšší odborná škola
požární ochrany**

Pionýrů 2069, 738 02 Frýdek-Místek

ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE

Jméno: Karas Radim

Obor vzdělávání: 39-08-N/.. - Požární ochrana a bezpečnost práce

Vzdělávací program: Prevence rizik a záchranářství

Školní rok: 2022/2023

Protože jste splnil požadované studijní podmínky pro ukončení studia ve vyšší odborné škole, zadávám Vám ve smyslu zákona 561/2004 Sb., § 102, odst. 1 téma pro absolventskou práci.

Název tématu: Velkokapacitní modul čerpání MČS 180/330

Rozsah práce je stanoven interně vydanými zásadami pro vypracování absolventské práce.

Vedoucí práce: Mgr. Miroslav Tvrďý

Termín zadání: 9. 9. 2022

Termín odevzdání: 28. 4. 2023

Podpis studenta:



Ve Frýdku-Místku dne: 28. 2. 2023

Podpis ředitele školy:



v zastoupení
plk. Mgr. Lukáš Kmec, MBA
zástupce ředitele
vrchní rada

Razítko:

STŘEDNÍ ODBORNÁ ŠKOLA
POŽÁRNÍ OCHRANY A
VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA
POŽÁRNÍ OCHRANY
pošt. příhr. 56, 738 02 FRÝDEK-MÍSTEK

Prohlašuji, že jsem předloženou absolventskou práci vypracoval samostatně. Veškeré prameny, z nichž jsem při zpracování čerpal, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury a pramenů.

Frýdek-Místek, duben 2023

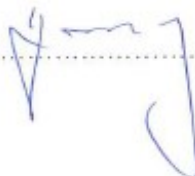


(vlastnoruční podpis)

Beru na vědomí, že absolventská práce je majetkem SOŠ PO a VOŠ PO ve Frýdku-Místku (ustanovení § 60 odst. 1 zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon), bez jejího souhlasu nesmí být nic z obsahu práce publikováno.

Souhlasím s prezentačním zpřístupněním své absolventské práce ve studijní knihovně SOŠ PO a VOŠ PO ve Frýdku-Místku.

Frýdek-Místek, duben 2023



(vlastnoruční podpis)

Poděkování

Rád bych chtěl poděkovat všem, kteří se mnou při psaní této absolventské práce spolupracovali. Byli ochotní mi pomoci a poskytnout potřebné materiály k vypracování. Velké poděkování patří vedoucímu absolventské práce panu Mgr. Miroslavu Tvrděmu, který odborně vedl mou absolventskou práci a poskytoval mi cenné rady k jejímu zpracování.

Radim Karas

Anotace

KARAS, Radim. *Velkokapacitní modul čerpání MČS 180/330*. Brušperk, 2023. Absolventská práce. SOŠ a VOŠ PO Frýdek-Místek.

Práce představuje nový velkokapacitní modul čerpání pro dálkovou dopravu vody, provádění hasebních prací s potřebou velkého množství hasební vody i pro potřeby odvodňování povodňových lagun na velké vzdálenosti. Práce obsahuje seznámení se stávajícími velkokapacitními čerpadly provozované u HZS ČR a to jak Hytrans fire system, tak i čerpadla Sigma. Poté srovnává stávající prostředky pro velkokapacitní čerpání s novým modulem MČS Sigma 180/330K. Součástí práce je i praktické ověření při výcviku provedeném ve spolupráci s HZS MSK, povodím Odry s.p. a Sigma VVÚ s.r.o.

Klíčová slova: *Hasičský záchranný sbor, modul velkokapacitního čerpání, dálková doprava vody, velkokapacitní čerpadlo*

Annotation

KARAS, Radim. *High capacity pumping module MČS 180/330*. Brušperk, 2023. The graduate thesis. SOŠ a VOŠ PO Frýdek-Místek.

The work represents a new high-capacity pumping module for long-distance water transport, firefighting operations with the need for a large amount of firefighting water, as well as for the needs of draining flood lagoons over long distances. The work contains familiarization with the existing large-capacity pumps operated by the HZS CR, both Hydrans fire system and Sigma pumps. It then compares the existing means for large-capacity pumping with the new MČS Sigma 180/330 module. The work also includes a practical comparison during the training conducted in cooperation with HZS MSK, povodí Odry s.p. and Sigma VVÚ s.r.o.

Keywords: *Fire and Rescue Department, high Capacity Pumping Module, Long Distance Water Transport, high Capacity Pump*

Obsah

ÚVOD	1
CÍL PRÁCE.....	2
1 ČERPADLA	3
2 STÁVAJÍCÍ SYSTÉMY VELKOKAPACITNÍHO ČERPÁNÍ.....	5
2.1 MOBILNÍ ČERPACÍ STANICE MČS 400K SIGMA	5
2.2 MOBILNÍ ČERPACÍ STANICE MČS 20/1500K SIGMA.....	7
2.3 HYTRANS FIRE SYSTEM HFS HS 150	8
3 PROJEKT VYMOCERMIS NOVÝ VKMČ	12
4 MOBILNÍ ČERPACÍ STANICE MČS 180/330K SIGMA	14
4.1 KONTEJNER K1.....	15
4.2 KONTEJNER K2.....	17
4.3 KONTEJNER K3.....	20
5 PRAKTICKÝ VÝCVIK S MČS 180/330K.....	22
5.1 PŘÍPRAVA VÝCVIKU	22
5.2 PROVEDENÍ VÝCVIKU.....	25
5.3 ZÁVĚR CVIČENÍ	29
6 OSTRÉ NASAZENÍ MČS 180/330K.....	32
ZÁVĚR	37
LITERATURA	40
NEPUBLIKOVANÝ DOKUMENT.....	40
JINÝ DOKUMENT	40
INTERNETOVÉ ZDROJE.....	40
SEZNAM OBRÁZKŮ	42
SEZNAM TABULEK.....	43

Seznam zkratek

ANK	automobilový nosič kontejnerů
CAS.....	cisternová automobilová stříkačka
CV 40.....	velkoobjemová cisterna s čerpadlem o jmenovitém průtoku $4000 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$
DN.....	diameter nominal – jmenovitá světlost
HFS.....	Hytrans fire system
HFS HS 150.....	Hytrans fire system hydrosub 150
HRU.....	hydraulický navíječ hadic
HZS.....	Hasičský záchranný sbor
HZS ČR.....	Hasičský záchranný sbor České republiky
HZS MSK.....	Hasičský záchranný sbor Moravskoslezského kraje
MČS.....	mobilní čerpací stanice
mvs.....	metry vodního sloupce
PN.....	tlaková odolnost
POD.....	povodí Odry
VKMČ.....	velkokapacitní modul čerpání
VŠB TUO.....	Vysoká škola báňská Technická univerzita Ostrava
VVÚ.....	výzkumný a vývojový ústav

Úvod

Potřeba přečerpávání velkého množství vody se v podmínkách HZS ČR naplno projevila během a hlavně po katastrofálních povodních v roce 1997, kde byla na našem území velkou vodou zasažena většina Moravy, celé Slezsko a východní Čechy. Povodně si vyžádaly 50 lidských životů a materiální škody ve výši 62,2 miliardy korun. Jednalo se po dlouhé době o první, takto rozsáhlou katastrofu na našem území, která odkryla spoustu nedostatků ve stávajícím systému protipovodňové ochrany. Jedním z významných problémů bylo odstranění, odčerpání, povodňových lagun, které probíhalo s pomocí stávající techniky, která kapacitně nezvládala čerpání obrovského množství vody v přijatelném čase. Po povodních byl ze strany HZS vysloven požadavek o doplnění vybavení ve formě velkoobjemových čerpadel. Postupem času vyvstal dále požadavek o dálkovou dopravu vody pomocí čerpadel a hadicového vedení místo nejčastěji využívanou kyvadlovou dopravou pomocí CAS. K řešení mimořádných událostí většího rozsahu, jako lesní požáry, požáry skládek či požáry v průmyslu.

A nyní stojíme před kombinací těchto požadavků, a to velký objem přepravované vody na velkou vzdálenost, s velkým převýšením pomocí jednoho, popřípadě soustavy velkokapacitních modulu čerpání.

Cíl práce

Cílem předkládané absolventské práce je představení nového velkokapacitního modulu čerpání vody MČS 180/330 Sigma.

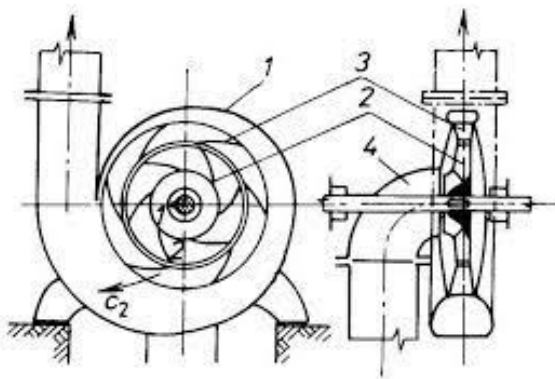
Teoretická část práce seznamuje se stávajícími systémy a možnostmi velkokapacitního čerpání vody v podmínkách HZS ČR. Dále představí a popíše nově vyvinutý velkokapacitní modul čerpání vody MČS 180/330K.

Praktická část práce si klade za cíl provedení cvičení s novým VKMČ 180/330K k ověření jeho výkonových parametrů a jejich srovnání se současnými možnostmi prostředků velkokapacitního čerpání HZS ČR.

1 Čerpadla

Čerpadlo je mechanický stroj určený k dopravě, zvedání a zvyšování tlakové energie kapaliny, která skrz něj prochází. Čerpadlo bývá poháněno zpravidla motorem, nejčastěji elektrickým nebo spalovacím, ale taktéž, zvláště u malých čerpadel, je možnost pohonu lidskou silou a v minulosti byl také velice rozšířený pohon silou zvířecí. Dle principu, kterým vyvozuje svůj čerpací účinek, se čerpadla dělí do tří základních skupin :

- Čerpadla hydrostatická (přímá přeměna mechanické energie na tlakovou)
 - Rotační – zubová, lamelová, vřetenová aj.
 - Peristaltická – hadicová
 - Kombinovaná
 - S kmitavým pohybem – pístová, křídlová, vlnovcová
- Čerpadla hydrodynamická (nepřímá přeměna mechanické energie na tlakovou)
 - Odstředivá – radiální, diagonální viz Obrázek 1
 - Axiální
 - Obvodová
 - Labyrintová
 - Kombinovaná [8]



Obrázek 1: řez odstředivého čerpadla [8]

- Čerpadla speciální
 - Zdvíhací – řetězová, šneková, korečková aj.
 - Proudová – ejektory, vodní trkače aj.
 - Plynotlaká – pulsometry
 - Mamutová
 - Elektromagnetická

Každé čerpadlo je charakterizováno základními parametry:

- Průtok Q , jehož rozměr se udává dle velikosti čerpadla [$l \cdot s^{-1}$, $l \cdot \text{min}^{-1}$, $m^3 \cdot h^{-1}$]
- Otáčky čerpadla n [s^{-1}]
- Dopravní výška H [m]
- Výkonem P_h [W]
- Příkonem P_p [W]
- Účinností η a sacími vlastnostmi

Rozdíl geodetických výšek horní a spodní hladiny se označuje jako h_g , tato veličina je součtem sací výšky h_s a výtlačné výšky h_v , kde dělítkem jednotlivých výšek je osa čerpadla [8].

2 Stávající systémy velkokapacitního čerpání

V současné době disponují všechny HZS krajů v České republice nějakým systémem velkokapacitního čerpání vody. Odvodňovací čerpadla jsou zastoupena skupinou mobilních čerpacích stanic firmy Sigma VVÚ s.r.o. v různých výkonových variantách. Nejčastěji se vyskytují ve verzi MČS 24/550S ve variantě skříňového kontejneru, dále provedení MČS 400K, která disponuje stejným typem čerpadla, tedy 24/550, ale je umístěno do plovoucího pontonového kontejneru. U tohoto typu je možné hladinové nasazení. A v neposlední řadě je to varianta MČS 20/1500K, kdy se jedná, v rámci ČR, o stanici s největším objemovým výkonem vůbec. Tato stanice je taktéž osazena do plovoucího pontonového kontejneru a je možné hladinové nasazení MČS. Označení mobilních čerpacích stanic firmy Sigma nám udává nejdůležitější výkonové parametry čerpadla, a to tlakový výkon [mvs] / objemový výkon [$l \cdot s^{-1}$]. Tedy MČS 24/550 má parametry 24 metrů vodního sloupce při 550 litrech za sekundu. Poté se v názvu objevují písmena, K – varianta v plovoucím kontejneru, S – provedení ve skříňovém kontejneru a P – provedení na podvozku.

Prioritně pro dálkovou dopravu vody začala firma Somati po roce 2002 dodávat hasičům do České republiky produkt Holandského výrobce Hytrans fire system, konkrétně typ HFS HS150, který ve svém provedení spojuje velkokapacitní čerpadlo spolu se zásobou až 1000 metrů hadicového vedení DN 150 [2] [3] [4].

2.1 Mobilní čerpací stanice MČS 400K Sigma

Mobilní čerpací stanice je určena k přečerpávání velkého množství vody při záplavách velkých zatopených prostor, z povodňových lagun apod. Umožňuje také čerpání silně znečištěné vody. MČS je koncipovaná jako horizontálně provedené soustrojí čerpadla Sigma 400BQO a s šestiválcovým turbodieselovým motorem je spojeno přes pružnou spojku Iveco Aifo, toto soustrojí je umístěno ve svařovaném rámu. Následně je celek umístěn na dně plovoucího pontonu, který je uchycen na kontejnerovém rámu s normovanou výškou oka 1570 mm pro manipulaci s nosičem kontejnerů. MČS je osazena na sací straně demontovatelným kolenem s integrovaným sacím košem určeným prioritně pro hladinové nasazení. Po demontáži je možno zaměnit sací kolena za sací hadice DN 400 délky 3 m, které jsou ve výbavě MČS v počtu čtyř kusů. Výtlačná strana je po výstupu ze skříňe čerpadla opatřena rozvaděčem, který převádí hrdlo čerpadla DN 350 na čtyři kusy výstupů DN 200

opatřených spojkou k napojení výtlačných hadic, které jsou rovněž v DN 200 a délkách 10 a 20 m. Celková délka výtlačných hadic u MČS 400K je 500 m. Celá sestava MČS 400K se skládá ze samotného pontonového kontejneru s čerpadlem a motorem a z valníkového kontejneru, ve kterém je umístěno veškeré příslušenství včetně plováků. Kontejner s příslušenstvím je převážen na dvouosém kontejnerové přívěsu [3].



Obrázek 2: MČS 400K, zdroj: foto autor

Základní TTD:

- Rozsah průtoku: $Q - 100 - 680 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$
- Dopravní výška: $H - 29 \text{ m}$, při $550 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$
- Maximální sací výška: 5 m
- Hmotnost MČS: 4900 kg, 5500 kg včetně plováků
- Spotřeba PHM: $30 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$
- Objem palivové nádrže: 300 l
- Celková délka/šířka MČS bez plováků: 4570/2200 mm
- Minimální hloubka vody: 0,8 m [3]

2.2 Mobilní čerpací stanice MČS 20/1500K Sigma

Tato MČS byla navržena a vyrobena jako větší varianta MČS 400, když byly v praxi prověřeny veškeré výkonové a funkční parametry, volba pontonového provedení se osvědčila a bylo rozhodnuto o stavbě mobilní čerpací stanice s co největším objemovým výkonem při zachování vlastností předešlé stanice. MČS 20/1500K je vybavena výkonným čerpadlem Sigma 700 – KIDM Speciál, které konstrukčně umožňuje čerpat silně znečištěnou vodu a s ohledem na průchodnost sacím košem také omezené množství pevných nečistot až do velikosti zrna 90 mm. Čerpadlo je opět přes pružnou spojku spojeno s osmiválcovým turbodieselovým motorem KHD Deutz o výkonu 440 kW.



Obrázek 3: MČS 20/1500K [7]

MČS má dvě sací větve DN 400, které jsou osazeny sacími koleny s integrovanými sacími koši pro hladinové nasazení s možností výměny pro instalaci sacích kolen různých uhlů ve spojení s pryžovými sacími hadicemi DN 400 délky 3,5 m v celkovém počtu osmi kusů. Sací vedení je zakončeno sacími koši stejného průměru. Výtlač je osazen čtyřmi výtlačnými hrdly DN 350 po dvou na každé straně. Výtlačné hadice jsou navinuty na navijácích, délka jedné hadice je 40 m a ve výbavě je celkem deset kusů výtlačných hadic, které se spojují šroubovacími třmeny. Ve výbavě kontejneru je také hydraulický nakládací jeřáb FASSI micro15 umístěný v pontonu MČS pro snadnější manipulaci se sacím a výtlačným vedením. Celá sestava MČS 20/1500K se skládá ze tří kontejnerů, jeden pontonový se samotným čerpadlem a dva kontejnery s příslušenstvím. K přepravě se využívá jeden kontejnerový přívěs a dva

automobilové kontejnerové nosiče pro manipulaci s kontejnery s výškou oka 1570 mm a nosností minimálně čtrnáct tun [4].

Základní TTD:

- Rozsah průtoku: $Q - 200 - 1500 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$
- Dopravní výška: $H - 25 \text{ m}$, při $1500 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$
- Maximální sací výška: 5 m
- Hmotnost MČS: 11600 kg, 13200 kg včetně plováků
- Spotřeba PHM: $90 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$
- Objem palivové nádrže: 600 l
- Celková délka/šířka MČS bez plováků: 6030/2500 mm
- Minimální hloubka vody: 0,8 m [4]

2.3 Hytrans fire system HFS HS 150

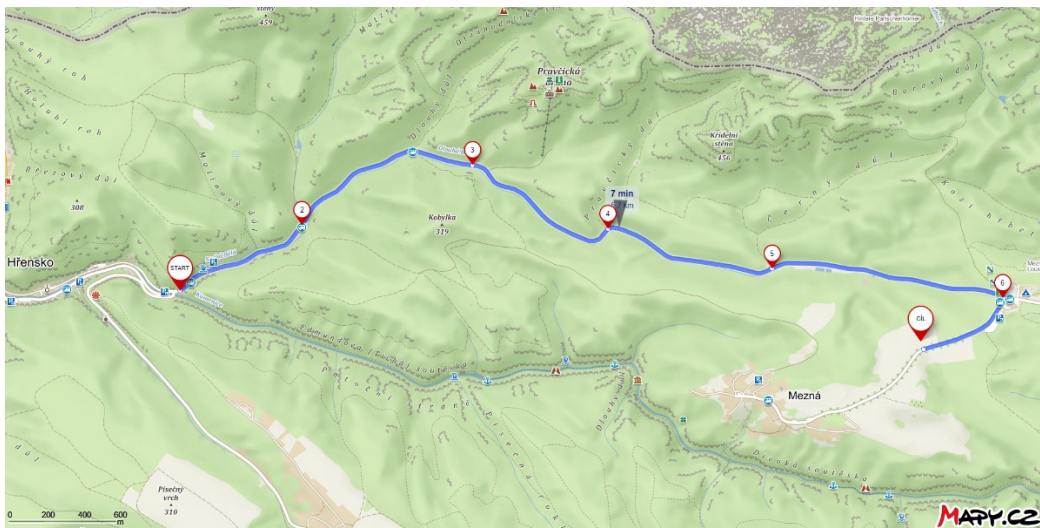
Jedná se o čerpací systém pro dálkovou dopravu vody a velkoobjemové čerpání holandské firmy Hytrans fire system, která od roku 1988 vyvíjí a vyrábí hydraulicky poháněné mobilní čerpací systémy. Systém je umístěn na jednom velkém kontejneru s normovanou výškou oka 1570 mm pro manipulaci s automobilovým kontejnerovým nosičem. Samotný kontejner tvoří platformu, v jejíž přední části se nacházejí skříně k umístění příslušenství a dále se na ni umísťují dva mini kontejnerové moduly.



Obrázek 4: HFS HS 150, zdroj: foto autor

V jednom, zpravidla umístěném na pravé straně, se nachází samotné čerpadlo s agregátem a hydraulickými hadicemi. Tento mini kontejner se vždy musí sesunout z platformy na místě čerpání. V druhém, umístěném nalevo, se nachází 1000 m výtlačného hadicového vedení DN 150, dvacet kusů hadic po padesáti metrech délky opatřených šestipalcovými, kovanými hadicovými spojkami Stortz. Hadice je v kontejneru uložena do tvaru harmoniky z důvodu rychlého rozvíjení vedení. Pokud to podmínky dovolují, hadicové vedení se rozvíjí pomocí automobilového kontejnerového nosiče, kdy se po otevření zadních dveří vytáhne první spojka s cca 10 m hadice, která se přišlápne, a automobil jízdou až do rychlosti $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ rozvine vedení na komunikaci. V mini kontejneru, ve kterém je umístěn čerpací box, se nachází šestiválcový turbodieselový agregát Volvo Penta s výkonem motoru 147 kW, který je přímo spojen s hydraulickým čerpadlem, jenž pomocí šedesátimetrových hydraulických hadic pohání samotné čerpadlo HFS 3000. Toto je konstruováno jako plovoucí a je umístěno v nerezovém rámu s plovákem. Sací koš je umístěn ve spodní části rámu a je přímo uchycen pomocí spojky Stortz na sací přírubu čerpadla. Po umístění na vodní hladinu se sací koš nachází cca 450 mm pod hladinou. Tato konstrukce umožňuje čerpání co nejčistší vody, nedochází k nasávání plovoucích nečistot jako listí apod. a zároveň nejsou přísávány nečistoty ze dna vodního zdroje jako různé sedimenty, kamení apod. Konstrukce systému dovoluje řazení většího množství agregátů sériově, pouze se demontuje sací koš a na jeho místo se připojí konec výtlačného vedení předchozího stroje. Při tomto nasazení je velmi důležité dodržovat všechny zásady pro dálkovou dopravu vody ze stroje do stroje [2].

Při praktickém nasazení HFS HS 150 sériově za sebou bylo zatím nejvíce nasazeno při požáru v Českém Švýcarsku šest čerpacích systémů za sebou k překonání vzdálenosti cca 5700 m a převýšení cca 160 m. Po této trase vykazoval výkon na výstupu z výtlačného vedení $4500 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ při tlaku 3 bar. Vodou byla plněna velkokapacitní cisterna CV 40 o objemu 21000 l, která dál distribuovala hasební vodu do ostatních CAS, a mobilní nádrž o objemu 50000 l k plnění bambi vaků [9].



Obrázek 5: rozmístění HFS HS 150 při požáru v NP České Švýcarsko [12]

Systém HFS HS150 je osazen bronzovým čerpadlem, které je schopno čerpat i lehce znečištěnou vodu a také vodu slanou. Každé čerpadlo má k dispozici dvě oběžná kola, která se dají snadno vyměnit. Standardní oběžné kolo HFS–3000Hydrosub, označováno taky jako tlakové, dosahuje maximálního tlaku 15 bar při $8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, nebo 4 bar při $83 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Po výměně oběžného kola za HFS–3000 Hi–Flow, též objemové, dosahuje systém maximálního tlaku 11 bar při $8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, nebo 1 bar při $133 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.

HFS HS150 disponuje systémem zpětného navíjení hadic. Jedná se o navíjecí jednotku HRU, která je umístěna ve skříni pro příslušenství, a po jejím hydraulickém vysunutí dokáže při pojiždění kontejnerovým nosičem vytahovat hadici zpět do kontejneru, kde ji opět do tvaru harmoniky ukládají dva hasiči [2].

Základní TTD:

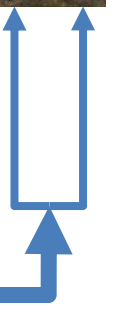
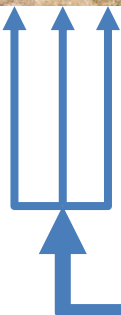
- Rozsah průtoku: $Q = 0 - 133 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$
- Dopravní výška: $H = 150 \text{ m}$ při $8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, 10 m při $133 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$
- Hmotnost systému: 10000 kg, 3000 kg jeden mini kontejner
- Spotřeba PHM: $30 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$
- Objem palivové nádrže: 125 l
- Objem oleje v hydraulické soustavě: 150 l
- Celková délka/šířka: 5500/2500 mm
- Minimální hloubka vody: 0,75 m čerpadlo plave, 0,45 m čerpadlo stojí na dně
- Dosah čerpadla od agregátu: 60 m [2]



CV 40 T815-7 10x10
 Distribuce vody pro CAS
 5,3 km od vodního zdroje
 270 m n. m.



Mobilní nádrž 50 m³
 Plnění bambi vaků
 5,7 km od vodního zdroje
 285 m n. m.



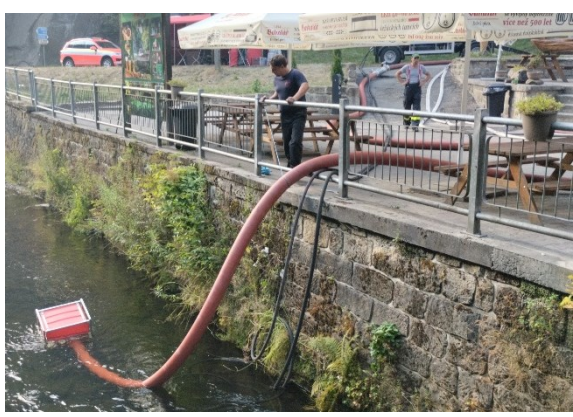
Dopravní vedení
 DN 150/3xB75



Dopravní vedení
 DN 150/2xB75

Dopravní vedení 1 x DN 150

HFS HS 150
 sériové zapojení
 celkem šesti strojů
 HZS LBK
 HZS STČ
 HZS MSK
 HZS HKK
 HZS PHA



HFS HS 150
 HZS PLK,
 Vodní zdroj
 řeka Kamenice
 120 m n. m.

Obrázek 6: Schéma dopravního vedení na Meznou louku [9]

3 Projekt Vymocermis nový VKMČ

V roce 2012 byl přednesen návrh ze strany HZS ČR, konkrétně HZS MSK, o potřebu nového velkokapacitního modulu čerpání vody, který by doplňoval stávající funkční systémy a svým výkonem by se řadil do oblasti, kterou současná řešení nejsou schopna pokrýt. Po provedeném průzkumu trhu, kdy se různé typy čerpadel používají ve velké řadě odvětví, ať už jde o zemědělství, ve kterém jde o dopravu velkého množství vody do závlahových systémů, které obvykle bývají stacionární s elektrickým pohonem a napojeny na plastové či kovové potrubí. Nebo o stavebnictví, kde se zpravidla k odvodňování používají ponorná elektročerpadla, nebo malá kalová čerpadla s benzínovým spalovacím motorem. V průmyslu jde zpravidla o složité aplikace čerpacích systémů vytvořených přímo na míru zadavatele a přímo zakomponovaných do průmyslových provozů. Uvedené systémy se prakticky nedají využít pro potřeby HZS k řešení mimořádných událostí typu např. odvodňování povodňových lagun, dálková doprava vody při hašení rozsáhlých požárů, nouzová doprava vody při poruše průmyslových technologií nebo v poslední době často diskutované téma dopravy vody na místa zasažená suchem. Vhodné prostředky pro záchranné složky představují náročné, sofistikované systémy, které se mnohdy vyrábějí v kusové produkci na rozdíl od běžných aplikací, které výrobní závody chrlí ve velkých sériích. Proto se vývojem a výrobou takovýchto aplikací zabývá jen velmi málo společností, a to i ve světovém měřítku.

Problematika byla konzultována s firmou Sigma VVÚ, která ve spolupráci s VŠB TUO provedla analýzu mimořádných událostí ve spojitosti s nasazením VKMČ. Firma Sigma se přihlásila do projektu Ministerstva vnitra České republiky pro řešitelské období 2013 – 2015. Byl vytvořen řešitelský tým ve spolupráci společností Sigma Výzkumný a vývojový ústav, s.r.o.; Centrum hydraulického výzkumu, spol. s.r.o.; Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava FBI a jako konzultant Česká asociace hasičských důstojníků. Odpovědným vedoucím týmu byl Ing. Jiří Šoukal, CSc.

Ze strany HZS vzešla řada specifických požadavků. Čerpací modul musí umožňovat čerpání vody z volného zdroje, také z uzavřených prostor – podzemní nádrže, podzemní díla, apod. Dále VKMČ musí umožňovat nasazení na podvozku automobilového nosiče kontejnerů s možností pohybu v případě snižování hladiny, musí být plovoucí na hladině a také možnost umístění na zemi a manipulace pomocí navijáku, případně tlačení nebo tažení pomocí natahovacího zařízení automobilového nosiče kontejnerů.

VKMČ musí umožňovat čerpání vody na krátkou vzdálenost – využití několika paralelních vedení, dále dodávku vody na velkou vzdálenost: 1000 – 2000 m. A také doprava vody na střední vzdálenost do 500 m s převýšením více než 50 m.

Ve vztahu k vlastnostem prostředí musí modul umožňovat čerpání znečištěné vody s obsahem až 5 % pevných částic do velikosti zrna 40 mm, také možné čerpání vody o teplotě do 40 °C i při dlouhodobém nasazení a také možnost čerpání vody znečištěné ropnými látkami.

Modul musí být v návaznosti na možnost nasazení při zásahu na NL například dlouhodobé zkrápění, chlazení, popřípadě ředění látky, dekontaminovatelný standardními prostředky ve výbavě HZS.

VKMČ musí tvořit ucelenou, samostatnou a přepravitelnou jednotku, která disponuje veškerým vybavením nezbytným k ustavení a čerpání. S ohledem na rozměry jednotlivých částí modulu je žádoucí jeho rozdělení do tří samostatných kontejnerů, které jsou standardně využívány jednotkami požární ochrany.

V návaznosti na mezinárodní legislativu je nutné, aby VKMČ splnil požadavky předpisů Evropské unie v oblasti mechanismů civilní obrany. V případě rozsáhlých mimořádných událostí je možno využití systému mezistátní pomoci, která je založena na principech bilaterálních smluv sousedních států, nebo možnost využití mechanismů civilní ochrany Evropské unie, které jsou definovány Rozhodnutím Rady EU ze dne 8. listopadu O vytvoření mechanismu civilní ochrany Společenství (2007/779/ES, Euratom).

Na základě všech požadavků řešitelský tým zpracovává analýzy, projektuje a vytváří návrh nové mobilní čerpací stanice, kterou ve finále vyrábí firma Sigma VVÚ ve formě prototypu. Projekt je završen metodikou k terénnímu nasazení Vysokokapacitních čerpacích zařízení pro dálkovou dopravu vody při mimořádných situacích [1].

4 Mobilní čerpací stanice MČS 180/330K Sigma

Jedním z výsledků projektu Vymocermis je MČS 180/330K, jedná se tedy o čerpací stanici o výkonu $330 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ při tlaku 180 m vodního sloupce, které odpovídá 18 bar. Jde o kompaktní samostatný technicko-taktický celek umožňující čerpání vody z břehu, ať už volně stojící, nebo umístěný na automobilovém nosiči kontejnerů s možností pohybu při poklesu hladiny a také hladinové nasazení při použití plováků.



Obrázek 7: MČS 180/330K, zdroj: foto autor

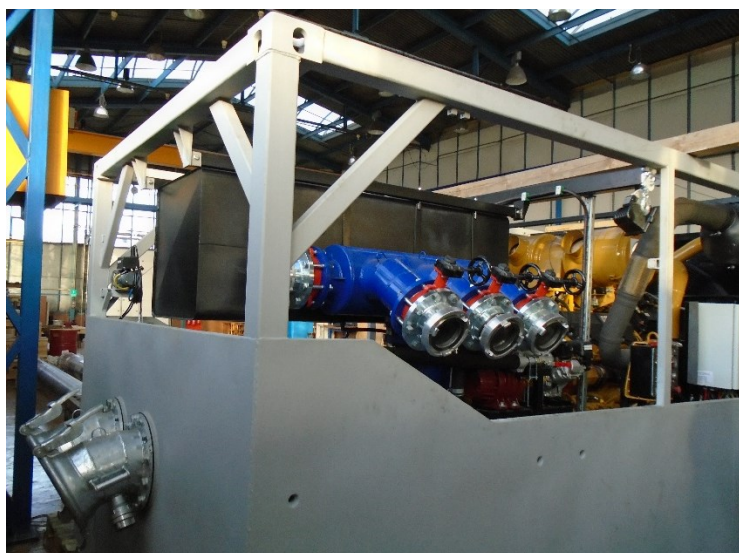
Mobilní čerpací stanice je koncipována jako čerpací systém s maximálním výkonem $24000 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, jmenovitou dopravní výškou 180 m a maximální geodetickou sací výškou 5,5 m. Čerpací agregát umístěný v pontonovém kontejneru je vybaven pro leteckou přepravu v podvěsu vrtulníkem o nosnosti minimálně 10 t.

Celá sestava se skládá ze tří kontejnerů, k jejichž manipulaci slouží ANK s hákovým nakladačem minimálně o nosnosti 12 t s normovanou výškou oka 1570 mm.

- Kontejner K1 pontonový, ve kterém je umístěn agregát spojený s čerpadlem, které je osazeno dvěma sacími větvemi DN 250 a čtyřmi výtlačnými větvemi DN 200 redukovanými na DN 150.
- Kontejner K2 celoplechový, je určený pro dopravu výtlačných hadic DN 150 nebo DN 200 a navíjecí hydraulický systém.
- Kontejner K3 valníkový s plachtou k dopravě plováků, sacího vedení a zbylého příslušenství [1].

4.1 Kontejner K1

Kontejner K1 obsahuje samotné čerpadlo, jedná se o horizontální odstředivé spirální čerpadlo s radiálním oběžným kolem. Typ čerpadla A 200–KIDR–550. Spirála čerpadla i oběžné kolo je zhotoveno z šedé litiny, materiálem hřídele je nerezová ocel, výtlačné hrdlo čerpadla je osazeno zpětnou klapkou. Na tu navazuje výtlačný rozdělovač 4 x DN 200 umožňující připojení čtyř větví výtlačných hadic. V současné době z důvodu provedení veškerých zkoušek jsou všechna hrdla výtlačného rozdělovače redukována na DN 150, protože se v republice nikde nenachází dostatečné množství hadic DN 200 s tlakovou odolností alespoň PN 16. Hadice DN 150 jsou k dispozici ze stávajících systémů. Sací hrdlo čerpadla DN 300 je opatřeno kalhotovým kusem DN 300/2xDN 250 umožňující napojení dvou větví sacího řádu DN 250 zakončené sacími koši.



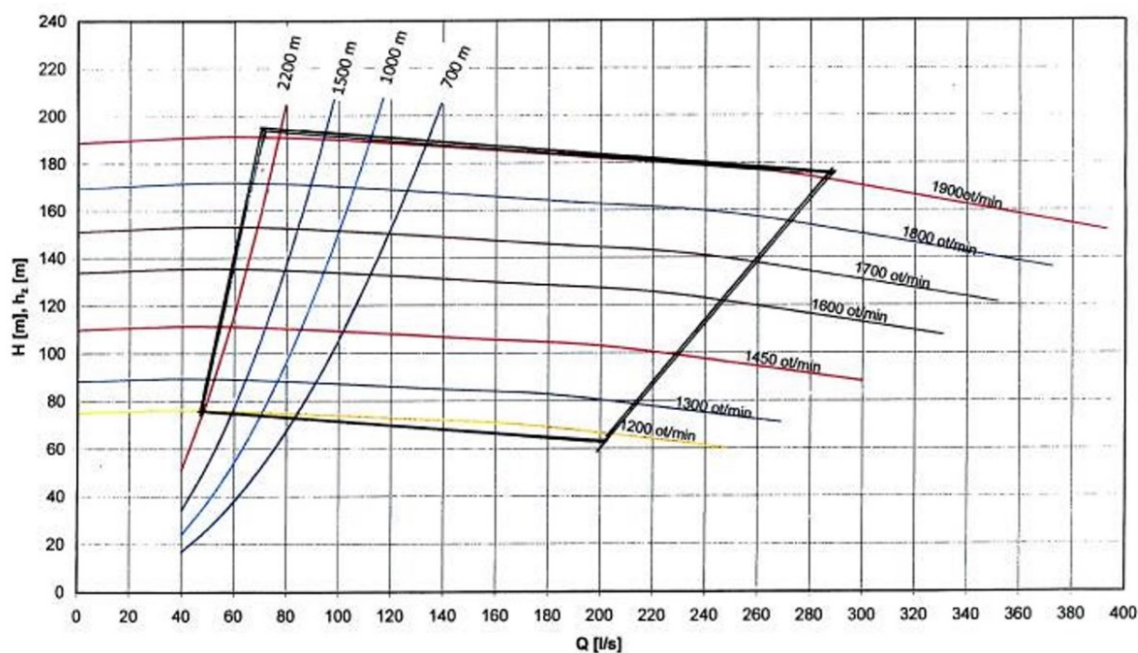
Obrázek 8: sací a výtlačná hrdla MČS 180/330K, zdroj: foto autor

Přes pružnou spojku Flender elpex–S je čerpadlo spojeno s dvanáctiválcovým turbodieselovým motorem Caterpillar C27 Acert, který produkuje výkon až 783 kW, a jeho hmotnost bez provozních náplní činí 3650 kg, doplňuje jej palivová nádrž o objemu 910 l nafty, které při normované spotřebě $140 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$ vydrží déle než 6 hodin plného nasazení MČS. Elektrická výstroj MČS zajišťuje start a provoz motoru a zároveň napájení vnějšího osvětlení, odčerpávání úkapové vody z čerpadla, pohon elektrického navijáku a také přečerpávání PHM. Základem jsou dva akumulátory o kapacitě 210 Ah, dobíjecí alternátor Motoru Caterpillar a nabíječka baterií k zapojení na externí zdroj 230 V.

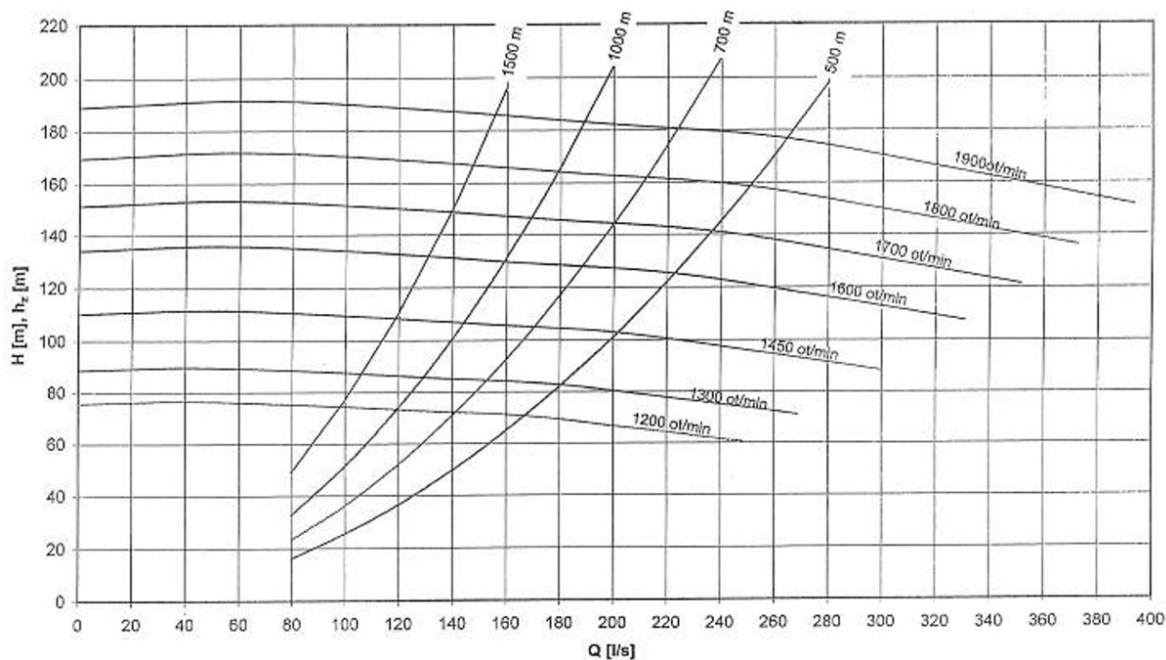
K zavodnění sacího řádu a čerpadla MČS, při použití v březní variantě nasazení, je v kontejneru instalována evakuační jednotka v podobě horizontální lamelové vývěvy JUROP PN23D, o jejíž pohon se stará benzínový motor Honda GX 160.

Celá sestava je namontována na pevném ocelovém rámu, aby byla dodržena sousost celého soustrojí. Tato sestava je vložena do prostorového rámu svařeného z ocelových profilů, který je opatřen vyztuženým dnem a bočnicemi pomocí ocelového plechu, čímž vzniká vodotěsný ponton. Strop kontejneru je opatřen rohovými nosnými prvky pro manipulaci jeřábem, případně transport v podvěsu vrtulníku. Z důvodu zajištění přístupu při servisním zásahu je střecha a horní část obvodu kontejneru krytá plachtou. Kontejner jako celek je určen k manipulaci jednoramenným hákovým nosičem kontejnerů s výškou nosného oka 1570 mm s rámem dle DIN 14505 a konstrukcí dle DIN 30722.

Rozměry kontejneru K1 d/š/v: 5400/2500/2500 mm, hmotnost 10000 kg [1].



Obrázek 9: graf Q-H MČS 180/330K, křivky výtaku pro lxDN 150 různých délek [1]



Obrázek 10: graf Q-H MČS 180/330K, křivky výtlačku pro 1xDN 200 různých délek [1]

4.2 Kontejner K2

Kontejner K2 je určen k přepravě, rozvíjení a balení výtlačného hadicového vedení. Je také konstrukčně řešen jako svařovaný prostorový rám z ocelových profilů s vyztuženým dnem, bočnicemi a čelem. Na zadní straně jsou dvojce dveře, každé jsou určeny pro jednu polovinu kontejneru. Uvnitř je kontejner v polovině podélně rozdělen na dva oddíly k umístění výtlačných hadic DN 200 v celkové délce 2400 m. Po otevření dveří systém umožňuje rozvíjení dvou paralelních hadicových vedení najednou pomocí automobilového kontejnerového nosiče. V přední části kontejneru se nachází pochozí plošina, na které je umístěna navíjecí jednotka k zpětnému navíjení hadic do kontejneru.

Navíjecí jednotka se do pracovní polohy na předním horním, levém nebo pravém rohu kontejneru umísťuje pomocí hydraulického nakládacího jeřábu, který je součástí kontejnerového automobilu. Ovládání navíjecí jednotky je elektronické buď z místa řidiče, nebo z místa obsluhy v kontejneru. Pohyb hadice v jednotce zajišťují pogumované válce, které jsou poháněny hydromotorem, kdy zdrojem tlakového oleje je aktivní hydraulika automobilového kontejnerového nosiče [1].



Obrázek 11: navijecí zařízení na hadice, zdroj: foto autor

Rozměry kontejneru K2 d/š/v: 5900/2500/2700 mm. Hmotnost prázdného kontejneru bez hadicového navíječe: 1600 kg.

Tabulka 1: váhová bilance hadic I [1]

DN 150 (6“)	1,7 kg/m	Spojka	3 kg
DN 200 (8“)	2,3 kg/m	Spojka	3,5 kg

Tabulka 2: váhová bilance hadic II [1]

Délky	á 50 m	1000 m	2000 m	3000 m
DN 150	91 kg	1820 kg	3640 kg	5460 kg
DN 200	122 kg	2440 kg	4880 kg	7320 kg

V původním návrhu bylo počítáno s použitím hadic DN 150 z důvodu kompatibility se současnými systémy dálkové dopravy vody v podmínkách HZS ČR. Nyní, po provedení řady zkoušek, se zpět vracíme z důvodu tlakových ztrát a průtoků k variantě osazení MČS 180/330K výtlačnými hadicemi DN 200, aby bylo možno plně využít potenciál stanice. V plánu je doplnění sestavy MČS o armatury tvaru Y – DN 200/ 2x DN 150, popřípadě přechody DN 200/DN 150. Tímto dojde k zajištění možnosti propojení jednotlivých systémů velkokapacitní dopravy vody.

Tabulka 3: tlakové ztráty vzniklé třením u hadic různých průměrů [2]

Tlakové ztráty ve 100 metrech hadicového vedení (bar)				
l/min	ø 100 mm (4")	ø 125 mm (5")	ø 150 mm (6")	ø 200 mm (8")
1000	0,29	0,101	0,042	0,010
1500	0,60	0,210	0,085	0,034
2000	1,02	0,354	0,155	0,0375
2500	1,52	0,532	0,220	0,0560
3000	2,10	0,740	0,310	0,0750
3500	X	0,990	0,410	0,1050
4000	X	1,250	0,525	0,1300
4500	X	1,549	0,650	0,1650



Obrázek 12: nakládání hadicového kontejneru na kontejnerový přívěs, zdroj: foto autor

V případě kontejneru K2 je předpokládán jeho převoz pomocí kontejnerového přívěsu, na který bude naložen pomocí ANK. Toto je provedeno z důvodu, že se jedná o nejvyšší kontejner celé sestavy, a umístění na kontejnerový přívěs dovolí snížit těžiště při přepravě co nejnižší a zajistit tak co nejbezpečnější provoz na pozemní komunikaci. Také dojde při využití kontejnerového přívěsu ke snížení počtu kontejnerových nosičů potřebných k přepravě celého velkokapacitního modulu čerpání ze tří na dva. Samotné rozvíjení hadic nebude probíhat z kontejneru umístěném na přívěsu, ale po ustavení MČS 180/330K na místo nasazení bude hadicový kontejner přeložen na ANK a za pomoci něho bude provedeno rozvinutí vedení. Přívěs již poté zůstává odstavený na vhodném místě.



Obrázek 13: souprava MČS 180/330K a hadicový kontejner, zdroj: foto autor

4.3 Kontejner K3

Kontejner K3 je zamýšlen jako přepravní modul pro veškeré příslušenství, v tomto čase ještě není fyzicky vyroben, ale návrh a množství většiny technických prostředků v něm umístěných jsou již sumarizovány. Bude se jednat o valníkový kontejner s plachtou, který opět bude tvořen pevným prostorovým svařovaným rámem z ocelových profilů, podlaha bude tvořena zesílením pomocí ocelového plechu. V horní části kontejneru jsou umístěny nosné rohové prvky k manipulaci jeřábem, popřípadě leteckou cestu vrtulníkem v podvěsu. V kontejneru budou umístěny tři kusy plováků k vytvoření hladinové varianty MČS. Ty se budou nacházet v horní části kontejneru přímo pod plachtou, z důvodu jejich velkého objemu musí být manipulovány pomocí HNJ z kontejnerového automobilu, popřípadě pomocí automobilového jeřábu. Pod plováky bude vytvořen policový systém na přepravky, popřípadě osazen výsuvnými platy k umístění objemného a těžkého příslušenství, mezi které bude patřit např. 6 ks sacích hadic

DN 250/3,5 m, 2 ks sacích košů DN 250, 2 ks sacích zvonů pro vytvoření hladinového nasazení MČS, kolena sacího vedení, kolena výtlačného vedení, armatury výtlačného vedení, jako Y – kusy, rozdělovače, šoupáky, přechody, nafukovací plováky pod savice, uklidňovací kusy výtlačných vedení, prostředky pro kotvení výtlačného vedení, ženíjní a zámečnické nářadí a další vybavení.

Samostatnou kapitolou bude vytvoření přejezdových můstků, které se také budou nacházet v kontejneru K3. V současné době je ve vývoji dostatečně pevná konstrukce, která umožní přejezd přes můstky i těžké technice s dostatečně dlouhými nájezdy i pro civilní osobní automobily, a to vše ve velikosti umístitelné do kontejneru K3.

Součástí příslušenství bude dle standardu HZS MSK také týlové vybavení, kterým byla dovybavena všechna velkokapacitní čerpadla v rámci HZS MSK a vzhledem k době nasazení těchto prostředků se velmi osvědčila. Jedná se zejména o stan s moskytiérou, campingovým stolem, židlemi a možností doplnění o skládací postele. Využití hlavně při nasazení ve větší vzdálenosti od místa dislokace, kdy není možno zajištění střídání jednotek.

Samozřejmostí už je vybavení kontejneru elektrocentrálou s osvětlením a výsuvným stožárem pro umístění LED reflektorů, popřípadě balónovým světlem k osvětlení celého pracovního prostoru. Ve výbavě se také osvědčila motorová řetězová pila, která je v rámci HZS MSK taky umístěna ve všech VKMČ a je potřebná téměř při každém nasazení.

Předpokládané rozměry kontejneru K3 d/š/v: 6000/2500/2500 mm [1].

5 Praktický výcvik s MČS 180/330K

Vzhledem k mé dlouhodobé spolupráci s firmou Sigma VVÚ a taky mé participaci na vývoji MČS 180/330K bylo umožněno provedení funkční zkoušky prototypového kusu MČS, který byl k tomuto účelu zapůjčen. Funkční zkouška byla klasifikovaná jako výcvik jednotky požární ochrany na téma dálková doprava vody pomocí velkokapacitního čerpadla. Zúčastněná jednotka byla z centrální hasičské stanice Ostrava-Zábřeh, výcviku se účastnila směna C v termínu 21. 6. 2022. Výcvik byl proveden se schválením státního podniku Povodí Odry, který také na výcviku spolupracoval. K provedení funkční zkoušky bylo zvoleno místo na pravé straně toku řeky Odry. Technika byla ustavena na zpevněné ploše jezu Lhotka a vedení bylo rozvinuto pomocí těžké techniky po bermě řeky Odry proti směru toku.

5.1 Příprava výcviku

Výcvik byl připravován v tříměsíčním předstihu před samotným termínem, bylo osloveno užší vedení HZS MSK s prosbou o provedení výcviku, následovalo jeho schválení a materiálně technické zabezpečení. Dále bylo řešeno zapůjčení MČS 180/330K firmou Sigma VVÚ, jeho transport do Ostravy a pojištění během přepravy. Následně byla řešena otázka PHM pro MČS. Ve spolupráci se státním podnikem Povodí Odry byla řešena otázka místa provedení výcviku, kde vzhledem k dostupnosti, rychlému dojezdu a zpevněné ploše byl zvolen jez Lhotka v Ostravě.



Obrázek 14: místo výcviku Odry, zpevněná plocha u jezu Lhotka, zdroj: archiv HZS MSK

Dále bylo Povodí Odry požádáno o možnost zapojení do výcviku jejich velkoobjemového čerpadla MČS 24/550POD, které je ve správě HZS MSK a je dislokováno na centrální hasičské stanici v Ostravě-Zábřehu. MČS bude použita jako podávací čerpadlo pro MČS 180/330K.

Byla oslovena také Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství k zapůjčení tlakoměrů a průtokoměrů pro hadice DN 150. Jednalo se o měřicí armaturu DN 150, která je na obou koncích opatřena hadicovou spojkou Stortz a je osazena indukčním průtokoměrem ELIS FLONET Comfort, který je určen k průmyslovému měření průtoku elektricky vodivých kapalin. Čidlo průtoku je bez mechanických pohyblivých částí a hydraulicky neovlivňuje tlakové poměry ve vedení. Dále je na armatuře instalován glycerinový manometr pro měření tlaku ve vedení v rozmezí 0 – 20 bar [6].



Obrázek 15: indukční průtokoměr, zdroj: foto autor

K provedení výcviku bylo vedením HZS MSK povoleno použití mobilní požární techniky, veškerého materiálně technického vybavení potřebného k provedení výcviku a také týlového vybavení k zajištění zázemí celodenní akce.

Tabulka 4: technika HZS MSK schválená k provedení výcviku

technika	dislokace	obsazení
1. vůz CAS 20 Scania	Ostrava-Zábřeh	1+5
II. výjezd CAS 20 Scania	Ostrava-Zábřeh	1+3
ANK Tatra 8x8 SAR + hadicový kontejner	Ostrava-Zábřeh	1+1
KA Scania 6x6 + Somati	Ostrava-Zábřeh	1+1
KA Scania 6x6 + MČS 180/330K	Ostrava-Zábřeh	1+0
KA Atego 4x2 + MČS 24-550 POD	Ostrava-Zábřeh	1+1
Argo Avanger + vlek	Ostrava-Zábřeh	0+0
Týlový kontejner	Ostrava-Zábřeh	0+0
NA MB sprinter 4x4	Ostrava-Zábřeh	1+0

Dále bylo ze strany HZS MSK schváleno použití služební dronu k provádění fotodokumentace a videozáznamů z celého výcviku.

Byl použit dron DJI Mavic 2 Pro, který má maximální dosah 8000 m, výškový dosah 500 m a je schopen letu až do rychlosti 72 km/h. Dron je osazen integrovanou kamerou Hasselblad, která dokáže snímat 20MP fotografie a 4K video [5].



Obrázek 16: dron DJI Mavic 2 Pro [5]

5.2 Provedení výcviku

Samotné provedení výcviku po konzultaci s vedením firmy Sigma VVÚ dostalo podobu celkem tří modelových řešení. Jako první probíhalo měření průtoku pomocí průtokoměrů umístěných cca 10 m za výstupem z MČS a také měření tlaku, které probíhalo na samotné MČS, dále přímo u průtokoměru a také na konci hadicového vedení DN 150, které bylo vždy zakončeno rozdělovači DN 150/5x DN 75 a dále pokračovalo hadicemi B 75 do přenosných monitorů Stinger. Byla tedy vždy simulována doprava vody na požářiště přímo k provádění hasebních prací. Před započítím řešení jednotlivých modelových situací bylo nataženo vedení DN 150, jednalo se o tři paralelní vedení, každé o délce 1000 m proti proudu toku po bermě řeky Odry.



Obrázek 17: plán rozvinnutí vedení v délce 1000 metrů [11]

Rozvinutí vedení probíhalo v reálných podmínkách na nezpevněných plochách, kdy byl proveden průzkum lokality pomocí obojživelného vozidla Argo Avanger, byla vybrána ideální stopa a poté bylo vedení rozvinuto pomocí těžké techniky. Vozidlo Argo bylo po celou dobu výcviku využíváno k transport materiálu, osob a monitoringu vedení.



Obrázek 18: obojživelné vozidlo Argo Avanger, zdroj: foto autor



Obrázek 19: rozvíjení vedení pomocí těžké techniky, zdroj: foto autor

Jednotlivé modelové situace:

- 1 x DN 150/3000 m – jedno vedení průměru DN 150 v celkové délce 3000 m
- 3 x DN 150/1000 m – tři vedení průměru DN 150 v celkové délce 1000 m
- 3 x DN 150/1000 m + podávací čerpadlo – tři vedení průměru DN 150 v celkové délce 1000 m, před MČS vřazeno podávací čerpadlo.

Modelová situace č. 1: 1 x DN 150/3000 m

Rozvinuté výtlačné vedení bylo spojeno do série, vzniklo tak 3000 m dlouhé hadicové vedení, na které byla připojena MČS 180/330K v březním nasazení. Na MČS byly osazeny dvě větve sacího vedení DN 250. Po deseti metrech výtlačného vedení byl do řádu vložen průtokoměr a tlakoměr. Konec výtlačného vedení byl osazen jedním rozdělovačem DN 150/5x B 75, ze kterého pokračovalo vedení pomocí hadic B ke třem přenosným monitorům Stinger.

Tabulka 5: naměřené hodnoty modelové situace č. 1

Otáčky motoru	Výstupní tlak (bar)	Průtok ($l \cdot s^{-1}$)	Tlak na rozdělovači (bar)
1400	9,5	43,91	3
1600	13	48,20	6
1800	16	52,36	9

Modelová situace č. 2: 3 x DN 150/1000 m

Rozvinuté hadicové vedení bylo opět rozpojeno ve tři paralelní vedení. Ty byly připojeny ke třem výtlačkům MČS 180/330K a opět po deseti metrech od stroje byly do vedení vsazeny průtokoměry, a to pouze do dvou větví, více průtokoměrů těchto průměrů a průtoků není k dispozici. Konce výtlačných vedení byly opět osazeny rozdělovači, ke kterým byly připojeny přenosné monitory.

Tabulka 6: naměřené hodnoty modelové situace č. 2

Otáčky motoru	Výstupní tlak (bar)	Průtok ($l \cdot s^{-1}$)	Tlak na rozdělovači (bar)
1400	9,5	36,32	7,5
1600	13	40,50	11
1800	16	44,25	13

Hodnota průtoku uvedená v tabulce č. 6 odpovídá jedné lince vedení, výsledné množství dopravované vody při této modelové situaci je krát tři, v každé lince vedení proteče stejné množství vody. Odpovídá tedy hodnotám: 108,96; 121,5; 132,75 l·s⁻¹.



Obrázek 20: ukončení vedení pomocí přenosných monitorů, zdroj: archiv HZS MSK

Modelová situace č. 3: 3 x DN 150/1000 s podávacím čerpadlem

Výtlačné hadicové vedení zůstalo zachováno jako v předchozím případě. Do celku byla před hlavní silovou MČS 180/330K předřazena MČS 24/550POD, která v této variantě plnila funkci podávacího (zavodňovacího) čerpadla, které dodává hlavní silové stanici dostatečné množství vody, ta následně navyšuje tlak a posílá vodu do výtlačného vedení.

Tabulka 7: naměřené hodnoty modelové situace č. 3

Otáčky motoru	Vstupní tlak do MČS (bar)	Výstupní tlak (bar)	Průtok (l·s ⁻¹)	Tlak na rozdělovači (bar)
1400	2	11	45,30	9
1600	2	15	49,50	13
1800	2	18	54,25	16

Poslední měření mělo kratší trvání oproti předchozímu vzhledem k vysokému tlaku ve vedení.

Opět se jedná o průtok naměřený v jedné větvi vedení, tedy celkové maximální hodnoty průtoku byly 135,9; 148,5; 162,75 l·s⁻¹.

Během tohoto cvičení nebylo možno dosáhnout větších průtoků z důvodu zakončení vedení pomocí přenosných monitorů, kde jsme se již dostali na limit maximálního možného průtoku přes instalované proudnice.



Obrázek 21: sériové zapojení MČS 24/550POD a MČS 180/330K, zdroj: archiv HZS MSK

5.3 Závěr cvičení

Praktickým výcvikem s mobilní čerpací stanicí byly potvrzeny parametry stroje udávané výrobcem a bylo prakticky ověřeno, že pomocí tohoto velkokapacitního modulu čerpání je možno dopravovat velké množství vody na velké vzdálenosti, a to jak pro případ přečerpávání, odvodňování, ale také přímo k hasicím účelům, kde tento VKMČ dokáže zajistit dostatečný průtok a tlak potřebný k efektivnímu nasazení při hasebních činnostech nebo dodávat nepřetržitě velké množství vody pro CAS.

Prakticky nebylo možno odzkoušet maximální průtok MČS při volných výtocích z důvodu ochrany břehů vodního toku, která by vyžadovala delší čas na přípravu ochrany proti vymílání. Maximální průtok byl ověřen při dřívějších zkouškách a MČS 180/330K dosahovala výkonu až 155 l·s⁻¹ v každém jednom ze tří vedení DN 150 při použití podávacího čerpadla. Těmito hodnotami byly ověřeny napočítané konstrukční výsledky.

Tabulka 8: DN 150 max. délka vedení při tlaku na proudnici 4-7 bar [1]

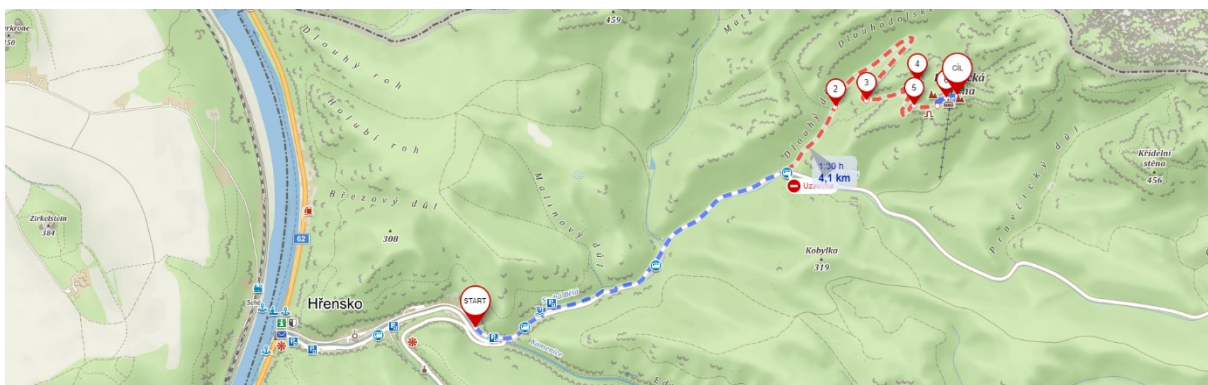
otáčky	tlak	průtok	1 x DN 150 – max. délka vedení [m]		2 x DN 150 – max. délka vedení [m]		3 x DN 150 – max. délka vedení [m]	
			proudnic 4 bar	proudnic 7 bar	proudnic 4 bar	proudnic 7 bar	proudnic 4 bar	proudnic 7 bar
[1/min]	[bar]	[l/s]						
1400	10	60	1118	559	—	—	—	—
1600	13	60	1677	1118	—	—	—	—
1800	16	60	2236	1677	—	—	—	—
1400	10	80	629	315	2516	1258	—	—
1600	13	80	944	629	—	2516	—	—
1800	16	80	1258	944	—	—	—	—
1400	10	100	403	201	1610	805	—	—
1600	13	100	604	403	2415	1610	—	—
1800	16	100	805	604		2415	—	—
1400	10	120	280	140	1118	559	2516	1258
1600	13	120	419	280	1677	1118	—	—
1800	16	120	559	419	2236	1677	—	—
1400	9,8	140	199	96	794	383	1787	863
1600	12,8	140	301	199	1205	794	2711	1787
1800	15,8	140	404	301	1616	1205	—	2711

Tabulka 9: DN 150 max. délka vedení při konečném tlaku 0 bar [1]

otáčky	tlak	průtok	1x DN 150	2x DN 150	3x DN 150
[1/min]	[bar]	[l/s]	délka vedení [m]	délka vedení [m]	délka vedení [m]
1400	10	60	1864	—	—
1600	13	60	2423	—	—
1800	16	60	2982	—	—
1400	10	80	1048	—	—
1600	13	80	1363	—	—
1800	16	80	1677	—	—
1400	10	100	671	2684	—
1600	13	100	872	—	—
1800	16	100	1073	—	—
1400	10	120	466	1864	—
1600	13	120	606	2423	—
1800	16	120	745	2982	—
1400	9,8	140	335	1342	3019
1600	12,8	140	438	1753	—
1800	15,8	140	541	2163	—
1400	9,6	160	252	1006	2264
1600	12,6	160	330	1321	2972
1800	15,6	160	409	1635	—
1400	9,4	180	195	779	1752
1600	9,4	180	257	1027	2311
1800	9,4	180	319	1276	2870
1400	9,2	200	154	617	1389
1600	9,2	200	205	819	1842
1800	9,2	200	255	1020	2295
1400	9	220	125	499	1123
1600	9	220	166	665	1497
1800	9	220	208	832	1871

6 Ostré nasazení MČS 180/330K

V neděli 24. 7. 2022 byl v oblasti Malinového dolu poblíž obce Hřensko v Národním parku České Švýcarsko zpozorován požár, který v následujících dnech přerostl v největší lesní požár v dějinách České republiky. Na likvidaci požáru bylo nasazeno obrovské množství techniky, technických prostředků i samotných hasičů. Z Moravskoslezského kraje byl jako první odřad na rozkaz Generálního ředitelství dne 27. 7. 2022 vyslán odřad s velkokapacitním čerpadlem Hytrans HFS HS 150 a hadicový kontejner. Celkový počet příslušníků v prvním běhu odřadu, jehož jsem byl zástupcem velitele, bylo sedm. Prioritním úkolem po příjezdu na místo bylo zapojení HFS HS 150 do vedení dálkové dopravy vody z Hřenska na Meznou louku a provedení úprav na dopravním vedení, aby došlo k navýšení průtoku. Následoval druhý úkol, kdy byl ústy generálního ředitele HZS ČR vysloven rozkaz dostat za pomoci jakýchkoliv prostředků hasební vodu na Pravčickou bránu. Po provedeném průzkumu byla zvolena nejideálnější trasa k položení vedení.



Obrázek 22: trasa dopravního vedení na Pravčickou bránu [13]

Majitel firmy SIGMA Group spolu s ředitelem Sigma VVÚ nabídli generálnímu ředitelství Hasičského záchranného sboru věcnou pomoc v podobě zapůjčení prototypového kusu velkokapacitního modulu čerpání MČS 180/330K k dodávce hasební vody na požářiště. Po provedeném průzkumu a zjištění proveditelnosti úkolu, a také na základě provedeného výcviku v Ostravě, který potvrdil schopnosti tohoto VKMČ, byla ze strany HZS ČR nabídka zapůjčení MČS 180/330K akceptována. Ihned byl zajištěn transport MČS ze sídla firmy Sigma VVÚ v Lutíně do Hřenska, který zajistil HZS MSK. Firma Sigma VVÚ také na místo spolu s MČS poslala svého technika k zajištění obsluhy a případných servisních úkonů. Před příjezdem MČS bylo započato pokládání dopravního vedení a bylo zvoleno nejvhodnější

místo k ustavení MČS, které se nacházelo v obci Hřensko na pravém toku řeky Kamenice, která se ale ve zvoleném místě rozšiřuje, tudíž bylo zapotřebí k vytvoření čerpacího stanoviště odstranit zábradlí a pomocí kolového rypadla vyhloubit dostatečně hlubokou díru k umístění sacích hadic se sacími koši.



Obrázek 23: příprava čerpacího místa pro MČS 180/330K, zdroj: foto autor

Celková podoba vedení na Pravčickou bránu zahrnovala v první fázi celkem šest čerpadel tří různých typů zapojených v sérii. U vodního zdroje byl nasazen nejvýkonnější stroj v podobě MČS 180/330K.



Obrázek 24: nasazení MČS 180/330K Hřensko, zdroj: foto autor

Následovalo dopravní vedení 1 x DN 150 v délce 2100 m s převýšením cca 100 m. Poté bylo vloženo čerpadlo HFS HS 150 z HZS MSK, které bylo následně z důvodu poruchy hydraulické soustavy nahrazeno stejným strojem HZS Jihočeského kraje.



Obrázek 25: HFS HS 150 HZS MSK a HZS JČK pod Pravčickou bránou, zdroj: foto autor

Ze stroje HFS HS 150 stále pokračovalo vedení 1 x DN 150 v délce 900 m s převýšením cca 70 m, které bylo zakončeno rozdělovačem 1 x DN 150/5xB75 a následně pokračovaly již pouze dvě paralelní linky dopravního vedení B75 a na posledním úseku o délce cca 700 m a s převýšením cca 80 m byly rovnoměrně rozmístěny celkem čtyři kusy přenosných stříkaček Tohatsu VE 1500.



Obrázek 26: Tohatsu ve 1500 Hřensko [10]

Takto sestavené vedení začalo dodávat hasební vodu až k Pravčické bráně 29. 7. 2022. Během následujících dní bylo vedení několikrát upravováno, byly řešeny problémy s přejezdovými můstky, komunikací, praskajícími staršími hadicemi, apod. Také byl pod Pravčickou bránou několikrát měněn počet přenosných stříkaček, vedení se roztahovalo do rozsáhlé pavučiny, jak jen to bylo technicky možné. MČS 180/330K i při tomto nasazení obstála a dokázala dodávat vodu až do 12. 8. 2022, kdy byla dodávka hasební vody na Pravčickou bránu ukončena a MČS se vrátila majiteli. Během zásahu byla také řešena možnost rozvinutí druhého dopravního vedení od MČS 180/330K, které mělo zásobovat vodou oblast přímo nad hotely v obci Hřensko. Kapacitně bylo i ze strany pracovníků Sigma VVÚ potvrzeno, že stroj další výtlačnou větev bez problému zvládne, ba naopak by bylo pro stroj lepší její realizování. A to z důvodu, že stroj na své parametry tlačil relativně málo vody na vysoký požadovaný tlak. Při zřízení druhé výtlačné větve by tlak zůstal zachován a objem by se navýšil a čerpadlo by se dostalo na ideálnější hodnoty diagramu. Každopádně druhá větev nebyla instalována z důvodu velice úzké komunikace do dané lokality, kde by po natažení vedení nezůstal prostor pro provoz techniky. Proto pro dané místo byla zvolena kyvadlová doprava pomocí CAS.

Pravčická brána
400 m n. m.; 4 km
od vodního zdroje.
Plnění požární nádrže
a hasební zásah pomocí
útočných proudů C a D.



4 x **Tohatsu VE 1500**
Turistický chodník pod
Pravčickou bránou
300 m n. m.; 3 km
od vodního zdroje.

Dopravní vedení 2 x DN 150 délky 1000 m

HFS HS 150
Konec komunikace
pod Pravčickou bránou
220 m n. m.; 2,1 km
od vodního zdroje.



Dopravní vedení 1 x DN 150 délky 900 m

MČS 180/330K
Vodní zdroj, řeka
Kamenice
120 m n. m.



Dopravní vedení 1 x DN 150, délky 2100 m

Obrázek 27: schéma dopravního vedení na Pravčickou bránu [9][10]

Závěr

Absolventská práce *Velkokapacitní modul čerpání MČS 180/330* představovala nově vyvinutý a vyrobený modul řešící dálkovou dopravu vody na velké vzdálenosti při zachování velkého průtoku. V práci byl v několika kapitolách VKMČ popsán, byly uvedeny jeho technické parametry, velikost sestavy a následně byla provedena funkční zkouška prototypového kusu mobilní čerpací stanice, kdy byly ověřeny výkonové parametry stroje.

V úvodní kapitole byl vysvětlen pojem čerpadlo a zároveň byly představeny jednotlivé druhy a typy čerpadel, která jsou využívána k dopravě různých druhů kapalin. Také byly vysvětleny jednotlivé základní parametry čerpadel.

V následujících částech absolventské práce byly představeny jednotlivé stávající moduly určené jak k velkoobjemovému čerpání vody, tak také k dálkové dopravě vody pomocí hadicového vedení. Byly představeny vybrané produkty od tuzemského výrobce Sigma VVÚ, které v současné době zastávají funkci velkoobjemových čerpadel u jednotek požární ochrany a v rámci Hasičského záchranného sboru České republiky jsou zastoupeny ve všech krajích. Jednalo se o modely MČS 400 a MČS 20/1500K, které vzhledem ke svým výkonovým parametrům, odolnosti a spolehlivosti patří k naprosté evropské špičce. Také byl představen systém od holandského výrobce Hytrans fire system. Tento modul čerpání je v současné době zastoupen téměř u všech HZS krajů, poslední bude dodán v letošním roce pro HZS Pardubického kraje. Také tento systém představuje vrcholný produkt v rámci evropských modulů přečerpávání vody na větší vzdálenosti ideálně do jednoho kilometru. Také bylo v práci zmíněno nasazení čerpadel HFS HS 150 při požáru v NP České Švýcarsko, kde tato čerpadla plnila úlohu zásobování hasební vodou pro CAS, které ji následně distribuovaly na požářiště. Tímto zásahem se potvrdila nutnost těchto čerpacích systémů a byly posunuty hranice při praktickém nasazení, kdy šest čerpacích modulů sestavených sériově dopravovalo hasební vodu na vzdálenost téměř šesti kilometrů se značným převýšením.

Hlavním úkolem práce ale bylo představení nového VKMČ, který vznikl na základě grantového projektu přesně dle požadavků Hasičského záchranného sboru České republiky. Tento požadavek vzešel ze vznikajících potřeb transportu velkého množství vody na velkou vzdálenost, které jsou již za hranicemi možností současných systémů. Tyto potřeby nevznikly pouze z nutnosti přečerpávání povodňové vody, ale také pro dodávku hasební vody na velké vzdálenosti pro případ rozsáhlých požárů. Popřípadě dodávku vody s velkým převýšením v hornatém terénu, která se opět nemusí týkat jen dodávky hasební vody, ale také pro případ

transportu vody během suchých období, kdy začínají vznikat specifické požadavky na dodávky vody na místa, kde je jí akutní nedostatek. Vzhledem k měnícím se klimatickým podmínkám lze předpokládat, že se nutnost nasazení těchto výkonných modulů bude často opakovat. Představili jsme si samotnou mobilní čerpací stanici 180/330K, její konstrukci rozměry i výkonové parametry. Dále hadicový kontejner k uložení minimálně 2000 m hadic DN 200 s dostatečnou tlakovou odolností, ideálně PN 20, které budou po nasazení zpětně navíjeny pomocí hydraulického navíječe. Také byl popsán kontejner na příslušenství, který je v současné době ve výrobě a bude obsahovat veškeré prostředky pro nasazení nového VKMČ jak v březní, tak také v hladinové variantě. V práci byl také popsán transport nového VKMČ a jeho uvedení do provozu v místě nasazení.

Další kapitola se věnovala praktické zkoušce nové MČS 180/330K, která proběhla se svolením státního podniku Povodí Odry v termínu 21. 6. 2022 na bermě říčního toku Odry. Místem funkční zkoušky byla zvolena zpevněná plocha u jezu Lhotka v Ostravě a dopravní vedení hadic DN 150 bylo vedeno proti směru toku řeky v délce jednoho kilometru právě po bermě řeky. Zkoušky se zúčastnili pracovníci firmy Sigma VVÚ, která ke zkoušce zapůjčila svůj prototyp MČS 180/330K. Celá zkouška proběhla pod záštitou HZS MSK, z jehož strany byla zkouška pojata jako výcvik jednotky s velkoobjemovým čerpadlem a dálková doprava vody hadicemi. K provedení výcviku bylo ze strany HZS MSK povoleno použití techniky, všech potřebných technických prostředků a týlového vybavení k zajištění zázemí celodenní akce. Spolu se zástupci Sigma VVÚ byly zvoleny tři modelové situace, se kterými by bylo možno se v praxi pravděpodobně nejčastěji setkat. Všechny byly voleny jako dodávka hasební vody na požářiště a byly zakončeny aplikací vody pomocí přenosných monitorů. Součástí zkoušky nebyla odvodňovací varianta, tedy zakončení vedení volným výtokem. Všechny provedené modelové situace potvrdily výkonové parametry nové MČS 180/330K udávané výrobcem. A také potvrdily možnost praktického využití MČS 180/330K a následně celého VKMČ, který musí být samozřejmě dokončen podle požadavků koncového uživatele.

V závěrečné kapitole se práce věnuje ostrému nasazení MČS 180/330K při požáru v Národním parku České Švýcarsko, kdy bylo ze strany majitele Sigma Group a ředitele Sigma VVÚ nabídnuto v rámci věcné pomoci nasazení MČS 180/330K k likvidaci požáru. Vzhledem k provedeným zkouškám a praktickému ověření funkčnosti prototypu bylo ze strany Generálního ředitelství HZS ČR rozhodnuto o využití této možnosti a nabídka byla přijata. MČS 180/330K byla nasazena v obci Hřensko na vodním toku Kamenice. Tady plnila roli

prvního silového stroje, který dodával vodu do dopravního vedení DN 150 a v sériovém zapojení s čerpadlem HFS HS 150 a čtyřmi přenosnými stříkačkami Tohatsu VE 1500 bylo dosaženo vytýčeného cíle, a to dostat hasební vodu na Pravčickou bránu. I díky tomu bylo uchráněno Sokolí hnízdo i samotná Pravčická brána a samozřejmě bylo umožněno efektivní provádění hasebního zásahu v nepřístupném terénu. Doba ostrého nasazení při požáru v Národním parku byla od 29. 7. do 12. 8. 2022. Během této doby nedošlo na samotné prototypové MČS 180/330K k žádné poruše. I tímto ostrým nasazením při rozsáhlé a dlouhodobé mimořádné události MČS potvrdila své kvality a obhájila nutnost velkokapacitního modulu čerpání ve vybavení jednotek požární ochrany.

Literatura

Nepublikovaný dokument

- [1] Operačně taktický pokyn k terénnímu nasazení vysokokapacitních čerpacích zařízení pro dálkovou dopravu vody při mimořádných situacích. Lutín, 2015.

Jiný dokument

- [2] Deník a provozní příručka HFS Hydrosb. 00-11. Lemmer: Kuiken Hytrans, 2002.
- [3] Mobilní čerpací stanice SIGMA MČS 400 K2: Návod na provoz a údržbu. 01. Lutín: Sigma, 2009.
- [4] Technická specifikace Čerpací stanice MČS SIGMA 20-1500. 01. Lutín: Sigma, 2009.

Internetové zdroje

- [5] Dron. Dronpro [online]. Praha: dronpro, 2023 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://dronpro.cz/dji-mavic-pro>
- [6] Indukční průtokoměr. *Elis* [online]. Plzeň: Elis, 2023 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://www.elis.cz/vyrobky/produkt/fn20xx1>
- [7] MČS 20/1500K. Hasičský záchranný sbor České republiky [online]. Praha: hzscr, 1999 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/imgBrowser.aspx?docid=21788046&imgid=21782613&cpi=1>
- [8] Odstředivé čerpadlo. Čerpadla [online]. Ostrava: Ostravská univerzita, 2008 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: https://katedry.osu.cz/kpv/cerpadla-jh/Jan_Hruska_MUC_soubory/page0014.htm

- [9] Požár NP České Švýcarsko. Požáry.cz [online]. Praha: Požáry.cz, 2023 [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/262929-pozar-v-narodnim-parku-ceske-svycarsko-byl-zlikvidovan-profesionalni-hasici-s-koncem-prazdnin-prestali-poskytovat-technologickou-pomoc/?strana=4>
- [10] Tohatsu [online]. Hranice: ZHT, 2023 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://www.tohatsu.cz/>
- [11] Trasa vedení. Mapy [online]. Praha: seznam.cz, 2023 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?mereni-vzdalenosti&rm=9ptkvxWe13HNflmGnfhXEnfkxD0fl6fk0feKffNffl fh0fhXfY1fRX0nfZyNGNZ&x=18.2230919&y=49.8407823&z=17>
- [12] Trasa vedení Mezná. Mapy [online]. Praha: seznam.cz, 2023 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?planovani-trasy&rc=9gbTDxaVfahshhFz5aehH3hs3etR5SHf6niQlfW6eoRf6h&rs=coor&rs=coor&rs=coor&rs=coor&rs=coor&rs=coor&ri=&ri=&ri=&ri=&ri=&ri=&ri=&rp=%7B%22c%22%3A111%7D&xc=%5B%5D&rut=1&x=14.2798454&y=50.8747932&z=14>
- [13] Trasa vedení Pravčická brána. Mapy [online]. Praha: seznam.cz, 2023 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?mereni-vzdalenosti&rm=9gbFxxaViggOgJbZ8YlXGUxgWnU0glngNdgP0WigRnggkgS1g65VnZrgqNgWHU0UogTngdvRngN2gNngangi0gdefU0fBqgXNSgRnRCLNH8X1XfD0flYVnWCgbkRh&x=14.2668253&y=50.8855792&z=16>

Seznam obrázků

<i>Obrázek 1: řez odstředivého čerpadla [8]</i>	3
<i>Obrázek 2: MČS 400K, zdroj: foto autor</i>	6
<i>Obrázek 3: MČS 20/1500K [7]</i>	7
<i>Obrázek 4: HFS HS 150, zdroj: foto autor</i>	8
<i>Obrázek 5: rozmístění HFS HS 150 při požáru v NP České Švýcarsko [12]</i>	10
<i>Obrázek 6: Schéma dopravního vedení na Meznou louku [9]</i>	11
<i>Obrázek 7: MČS 180/330K, zdroj: foto autor</i>	14
<i>Obrázek 8: sací a výtlačná hrdla MČS 180/330K, zdroj: foto autor</i>	15
<i>Obrázek 9: graf Q-H MČS 180/330K, křivky výtlačku pro 1xDN 150 různých délek [1]</i>	16
<i>Obrázek 10: graf Q-H MČS 180/330K, křivky výtlačku pro 1xDN 200 různých délek [1]</i>	17
<i>Obrázek 11: navíjecí zařízení na hadice, zdroj: foto autor</i>	18
<i>Obrázek 12: nakládání hadicového kontejneru na kontejnerový přívěs, zdroj: foto autor</i>	19
<i>Obrázek 13: souprava MČS 180/330K a hadicový kontejner, zdroj: foto autor</i>	20
<i>Obrázek 14: místo výcviku Odra, zpevněná plocha u jezu Lhotka, zdroj: archiv HZS MSK</i>	22
<i>Obrázek 15: indukční průtokoměr, zdroj: foto autor</i>	23
<i>Obrázek 16: dron DJI Mavic 2 Pro [5]</i>	24
<i>Obrázek 17: plán rozvinutí vedení v délce 1000 metrů [11]</i>	25
<i>Obrázek 18: obojživelné vozidlo Argo Avanger, zdroj: foto autor</i>	26
<i>Obrázek 19: rozvíjení vedení pomocí těžké techniky, zdroj: foto autor</i>	26
<i>Obrázek 20: ukončení vedení pomocí přenosných monitorů, zdroj: archiv HZS MSK</i>	28
<i>Obrázek 21: sériové zapojení MČS 24/550POD a MČS 180/330K, zdroj: archiv HZS MSK</i>	29
<i>Obrázek 22: trasa dopravního vedení na Pravčickou bránu [13]</i>	32
<i>Obrázek 23: příprava čerpacího místa pro MČS 180/330K, zdroj: foto autor</i>	33
<i>Obrázek 24: nasazení MČS 180/330K Hřensko, zdroj: foto autor</i>	33
<i>Obrázek 25: HFS HS 150 HZS MSK a HZS JČK pod Pravčickou bránou, zdroj: foto autor</i>	34
<i>Obrázek 26: Tohatsu ve 1500 Hřensko [10]</i>	34
<i>Obrázek 27: schéma dopravního vedení na Pravčickou bránu [9][10]</i>	36

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: váhová bilance hadic I [1]</i>	18
<i>Tabulka 2: váhová bilance hadic II [1]</i>	18
<i>Tabulka 3: tlakové ztráty vzniklé třením u hadic různých průměrů [2]</i>	19
<i>Tabulka 4: technika HZS MSK schválená k provedení výcviku</i>	24
<i>Tabulka 5: naměřené hodnoty modelové situace č.1</i>	27
<i>Tabulka 6: naměřené hodnoty modelové situace č. 2</i>	27
<i>Tabulka 7: naměřené hodnoty modelové situace č. 3</i>	28
<i>Tabulka 8: DN 150 max. délka vedení při tlaku na proudnici 4-7 bar [1]</i>	30
<i>Tabulka 9: DN 150 max. délka vedení při konečném tlaku 0 bar [1]</i>	31