

NÚDZOVÉ ZÁSBOVANIE OBYVATELSTVA NÁHRADNÝM DIAĽKOVÝM POTRUBÍM

EMERGENCY SUPPLY OF POPULATION BY REPLACEMENT LONG PIPES

Júlia MIHOKOVÁ JAKUBČEKOVÁ, Eleonóra BENČÍKOVÁ
Julia.Mihokova@fbi.uniza.sk, bencikovae@uvn.sk

Abstract

In the state or during the emergency supply of drinking water to the population, it is possible to use various technical means for water transport. The aim of the article is to point out an unconventional method of water transport using a replacement pipeline. In the past, this method was used mainly in the case of military conflicts for the transport of water (or fuel). It is currently used only to provide drinking water in times of crisis or in places where it is necessary to temporarily bring water to a dispensing point (cultural events, refugee camps, etc.).

Key words

Emergency, pipes, protection, security, supply, transportation.

ÚVOD

Pri riešení núdzového zásobovania v čase krízových javov vojenského i nevojenského charakteru sa predpokladá používať náhradnú diaľkovú potrubnú dopravu. Jej použitie bude závislé od druhu krízového javu a jeho závažnosti. Náhradné diaľkové potrubie (ďalej len „NDP“) sa dá použiť v prípade nutnosti nielen pri núdzovom zásobovaní obyvateľstva pitnou vodou ale aj pri úžitkovej vode. Vzhľadom na to, že pri preprave vody s využitím NDP môže nastať aj čiastočné znehodnotenie prepravovanej pitnej vody. Preto je potrebné zabezpečiť pred výdajom vody v miestach výdaja úpravu kvality pitnej vody. Na splnenie tejto úlohy sa predpokladá využitie mobilnej úpravne vody (ďalej len „MÚV“). Mobilné úpravne vody sú zariadenia, ktoré bývajú okrem iného využité v prípade dlhotrvajúcej poruchy na verejnej vodovodnej sieti v krízových javoch. Úpravne slúžia na úpravu vody na pitnú formu. Po úprave vody je distribuovaná obyvateľstvu s využitím rôznych prostriedkov. Zdrojom vody môže byť v podstate akákoľvek nepitná voda, ktorá sa nachádza spravidla na povrchu (rieky, jazerá, rybníky a pod.). Predpokladom efektívneho nasadenia MÚV je, že vybraný zdroj má dostatočnú výdatnosť. Výhodou týchto zariadení je, že sú spravidla plno automatické. Skladajú sa z troch stupňov (predfiltrácia, ultrafiltrácia, filtrácia s membránou reverznej osmózy), obsahujú centrálnu a samonasávaciu čerpadlo. Okolité teplota prostredia môže byť medzi 0 až 50 °C. Medzi základné príslušenstvo MÚV patrí tank na vodu, rozbočovač, hadice a armatúry. Mobilné úpravne pitnej vody môžu byť prípadne použité aj na:

- rýchlu úpravu vody na pitnú v humanitárnych táboroch pre utečencov, armádnych táboroch, poľných nemocniciach apod.,
- operatívne zásobovanie pitnou vodou pri športových a kultúrnych akciách,
- dočasnú náhradu klasickej stacionárnej vodárne,
- trvalú úpravu pitnej vody pre obce a satelitné sídliska s nevyhovujúcimi vlastnými zdrojmi,
- lokálnu výrobu pitnej vody pre zdravotnícke zariadenia, hotely, rekreačné strediska a malé prevádzky [1].

1 MOBILNÉ ÚPRAVNE VODY

Technológia úpravy vody pomocou MÚV predstavuje zložitý proces, ktorý je spravidla zložený z nasledujúcich základných úkonov:

- ultrafiltrácia (separácii jednotlivých častí v lamelovom separátore, jeho súčasťou je rýchlomiešač a flokulačná komora),
- ozonizácia (odstraňovanie železa, dezinfekcia a k zlepšenie senzorických vlastností),
- piesková filtrácia vyčirenej vody v pieskovom filtri,
- sorpcia na aktívnom uhlí vo filtri,
- iónová výmena (znižovanie dusičnanov a tým nárast koncentrácie chlóru v upravenej vode),
- chlorácia (do filtrovanej vody sa dávkuje chlórnan sodný pre hygienické zabezpečenie, takto upravená voda sa potom zhromažďí v nádrži pitnej vody) [1].

Na ťažbu, úpravu a čiastočne aj skladovanie upravenej kvalitnej pitnej vody možno pri riešení krízových javov použiť viac druhov MÚV (vybrané kontajnerové úpravne vody s ich základnými údajmi sú uvedené v Tabuľke č. 1). Tieto úpravne vody môžeme rozdeliť do troch základných skupín a to:

- kontajnerový typ (napr. MUPV 5, AQUAZON 32 atď.),
- na automobilovom podvozku (napr. ÚV 2000),
- kombinácia (kontajner ISO 1C PREPRAVNÁ NÁDRŽ PITNEJ VODY s úpravňou vody AQUASAFE) [1].

Tabuľka 1

Základné údaje vybraných kontajnerových úpravni vody [1]

Prevádzkové údaje	MUPV 5	AQUAZON 32	UMUV	VIWA 5 STANDARD
Výkon úpravne (l.h ⁻¹)	2 000–5 000	500–2 000	3 000–5 000	5 000
Teplota surovej vody (°C)	4–25	–	–	4–25
Zásoba vody v nádrži (l)	3 000	2 000	1 200	3 000
Prepravná hmotnosť (kg)	9 000	3 900	4 600	7 300
Čas aktivácie (h)	1–1,5	–	–	2
Rozmery (m)	2,4 x 2,4 x 6	2,5 x 3,0 x 2,5	2,5 x 3 x 2,5	2,4 x 2,4 x 6

Mobilná úpravňa pitnej vody (ďalej len „MÚPV“, ktorú možno použiť na núdzové zásobovanie pri krízových javov a je určená na úpravu povrchovej aj podzemnej vody je úpravňa vody typu MÚPV 5 (Obrázok 1). Celá úpravňa je inštalovaná v kontajneri ISO 1C, ktorý je tepelne izolovaný. Úpravňa je automatická, obsluha úpravne pripravuje len roztoky chemikálií a vykonáva občasnú kontrolu chodu úpravne a kvality upravovanej vody. Sú potrební:

- štyria pracovníci na jej inštaláciu,
- dvaja na prípravu prevádzky,
- len jeden pracovník na zabezpečenie činností MÚPV [1].



Obr. 1
Mobilná úpravňa pitnej vody MÚPV 5 [1]

Ďalším typom MÚV, ktoré je možno využiť pri núdzovom zásobovaní obyvateľstva pitnou vodou sú MÚV typu PS 2000/700 a PS 4000/1500 (Obrázok č. 2), ich vybrané technické údaje sú uvedené v Tabuľke 2 [1].



Obr. 2
Mobilná úpravňa vody typu PS [1]

Tabuľka 2
Technické údaje mobilnej úpravne vody typu PS [1]

Typ		Mobilné úpravne vody		
		PS 2 000/700	PS 4 000/1500	
Výkon l.h ⁻¹	Priepustnosť pri ultrafiltrácii	2 000	4 000	
	Reverzná osmóza - priepustnosť pri znečistení	36 g.l ⁻¹ surovej vody	700	1 500
		1 g.l ⁻¹ surovej vody	1 000	2 000

Mobilná úpravňa vody typu AQUAOZON 32 (Obrázok č. 3) je mobilná, poloautomatická a univerzálna úpravňa s vlastným zdrojom elektrickej energie. Použitá technológia umožňuje úpravu odlišných zdrojov spodnej i povrchovej vody a je šetrná k životnému prostrediu. Celá technológia je projektovaná ako integrovaný systém, inštalovaný v štandardizovanom kontejneri ISO 1d (2,5 x 3,0 x 2,5 m), ktorý umožňuje okamžité nasadenie v teréne s nízkymi prevádzkovými nákladmi. Výhodou jej nasadenia je, že:

- nevyžaduje žiadne špeciálne inštalačné podmienky,
- môže byť použitá bez ohľadu na zmenu kvality vstupnej vody a to bez predchádzajúcich testov kvality [1].



Obr. 3
Mobilná úpravňa pitnej vody MÚPV 5 [1]

Technologické prvky úpravy vody typov UMUV 1 až UMUV 15 umožňujú tak ako predchádzajúce MÚV úpravu z rôznych zdrojov podzemnej a povrchovej vody. Výkonové údaje sú uvedené v Tabuľke č. 3 [1].

Tabuľka 3
Výkonové údaje UMUV [1]

Typ	Množstvo upravenej vody (m ³)	Počet osôb	
		využitie upravenej vody len na pitie (3 l.osoba ⁻¹)	využitie len k bežnej spotrebe (100 l.osoba ⁻¹)
UMUV 1	24	8 000	240
UMUV 3	72	24 000	720
UMUV 5	120	40 000	1 200
UMUV 10	240	80 000	2 400
UMUV 15	360	120 000	3 600

Univerzálny úpravny pitnej vody tvorí integrovaný systém nainštalovaný v štandardnom kontajneri (ISO 1C), tak ako je znázornené na Obrázku č. 4 [1].



Obr. 4
UMUV [1]

Úpravňa vody odstraňuje zo surovej vody nerozpustené látky, železo, mangán, hliník, huminové látky, farby atď. Čerpadlo vstupnej vody a hadice umožňujú čerpanie do vzdialenosti 15 m od zdroja vody ku kontajneru a výškový rozdiel 15 m. V prípade väčších výškových rozdielov je potrebné použiť zvyšovacie čerpadlo. Vodu možno odoberať pomocou sady nerezových kohútov počas premávky úpravne alebo gravitačne z akumuláčnej nádrže. Úpravňa je vybavená ručným laboratóriom pre jednoduchú kontrolu kvality upravenej vody. [1]

2 NÁHRADNÉ DIAĽKOVÉ POTRUBIE

Použitie NDP má svoje výhody aj nevýhody. Kladným prínosom použitia NDP pri riešení krízových javov sú hlavne:

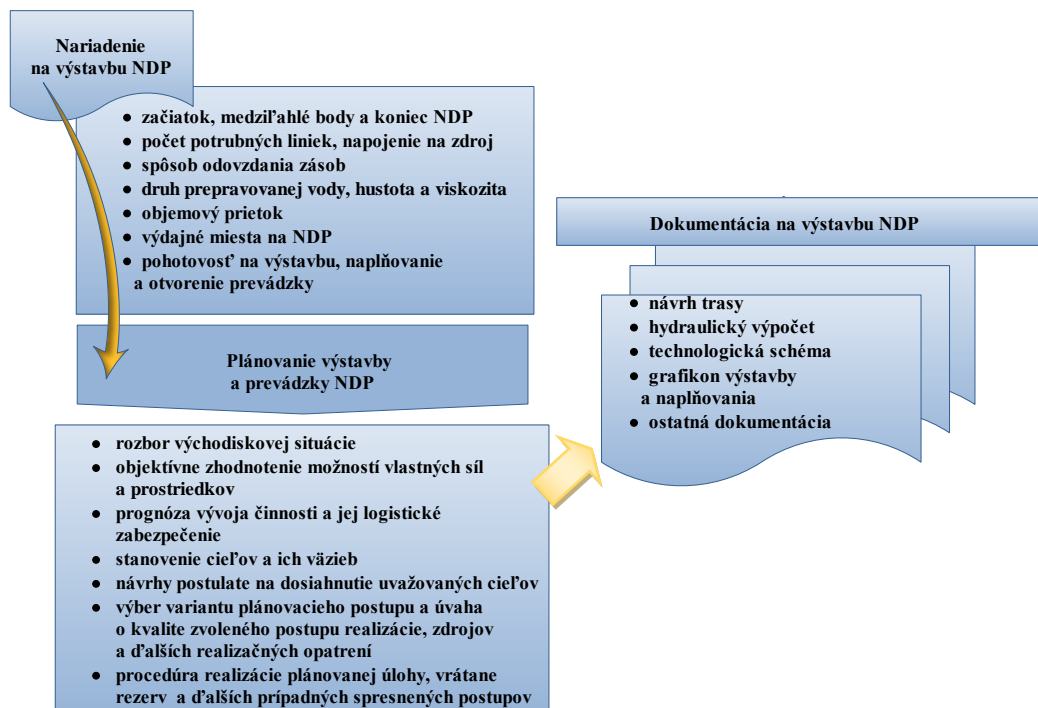
- stavebnicová konštrukcia (umožňuje ľubovoľne predlžovať, skracovať alebo rozčleňovať potrubnú linku),
- plynulosť a rýchlosť prísunu (bez zbytočného zaťažovania komunikácií),
- možnosť výdaja vody kdekoľvek (nielen na rôznych ľubovoľných miestach potrubnej linky, ale i v priebehu výstavby NDP),
- nezávislosť činnosti NDP na ročnom období, počasí a ďalších činiteľoch,
- možnosť prepravy vody aj v ťažkom teréne a cez rôzne umelé alebo prírodné prekážky.

K nedostatkom NDP sa môže napríklad zaradiť pomerne veľký čas potrebný na montáž a naplňovanie potrubia, nízku manévrovaciu schopnosť, potrebu veľkého množstva vody na zaplnenie potrubia. Náhradné diaľkové potrubie bolo vyvinuté v osemdesiatych rokoch minulého storočia v bývalom Československu pod typovým označením „PDP-150“ (poľné diaľkové potrubie s vonkajším priemerom potrubia 150 mm) pre potreby ozbrojených síl s cieľom zabezpečiť prepravu pohonných hmôt a vody na veľké vzdialenosti. Základným predpokladom správnej a bezporuchovej prevádzky NDP je kvalitná a zodpovedná príprava a

uskutočnenie jednotlivých etáp výstavby. V prípade použitia NDP na riešenie núdzového zásobovania pitnou vodou sa jedná o etapy:

- prieskumu a vytýčeniu trasy,
- rozvozu potrubného materiálu na miesto určenia,
- montáže NDP,
- začistenia potrubia,
- tlakovej skúšky potrubia,
- naplňovania NDP,
- hydraulickej skúšky NDP.

Rozhodujúcim kritériom na plnenie stanovených činností je vysokotlakový čerpací agregát typu KD 200 na trasu NDP, kde zloženie, zapojenie do potrubnej linky a jeho príprava na prevádzku predstavuje cca 4 až 6 hodín. Jedným z predpokladov úspešného plnenia výstavby NDP je spracovanie stanovenej dokumentácie a to na základe informácií obsiahnutých v „Nariadení na výstavbu NDP“ (Obrázok č. 5). Najdôležitejším výstupom pri plánovaní úlohy je okrem spresnenia trasy potrubnej linky na základe prieskumu aj hydraulický výpočet. Na základe výpočtu sa zisťuje počet čerpacích staníc a ich priestorové rozmiestnenie v teréne.



Obr. 5
Plánovanie výstavby náhradného diaľkového potrubia [2]

Rýchlosť a kvalita jednotlivých etáp výstavby NDP je ovplyvnená celým radom faktorov napr.:

- stupňom odbornej pripravenosti jednotlivých skupín, ktoré sú zapojené do výstavby NDP,
- úrovňou riadiacej práce a kvalitou spracovanej dokumentácie,
- kvalitou prieskumu a vytýčenia trasy,

- technickými stavmi a počtami mechanizačných zariadení a prostriedkov,
- kvalitou prípravy potrubného materiálu,
- logistickou podporou výstavby NDP,
- dodržiavaním zásad protipožiarnej ochrany a ochrany životného prostredia,
- dodržiavaním zásad bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci.

3 RIEŠENIE VÝSTAVBY NÁHRADNÉHO DIAĽKOVÉHO POTRUBIA

Autori sa zamerali na výpočet modelového príkladu náhradného diaľkového potrubia na obec Považský Chlmec v prípade výpadku verejného vodovodu do obce. Na obrázku 6 je znázornená možná trasa náhradného diaľkového potrubia.



Obr. 6
 Grafický zobrazení návrh NDP v obci Považský Chlmec

Pri hydraulickom výpočte NDP sa vychádza z [2]:

- výškového profilu trasy,
- požadovaného objemového prietoku kvapaliny k stanovenej jednotke času,
- druhu prepravovaných kvapalín,
- hustoty (špecifickej hmotnosti) prepravovaných kvapalín,
- kinematickej viskozity prepravovaných kvapalín,

- priemernej dennej teploty,
- dĺžky potrubia, koeficientu terénu,
- vnútorného priemeru potrubia.

Modelový príklad je posadený na konkrétnu situáciu v obci Považský Chlmec. Údaje na výpočet sú dané v Tabuľke č. 4.

Tabuľka 4
Vstupné údaje na riešenie hydraulického výpočtu NDP

Údaje		Jednotka	Hodnota
Vysokotlakový čerpací agregát typu	KD – 200 (n) počet otáčok (maximálna)	ot. min ⁻¹	2950
	KD – 200 (n ₁) počet otáčok (minimálna)	ot. min ⁻¹	2350
	KD – 200 (Q ₁) objemový prietok	m ³ .s ⁻¹	0,0421
	KD – 200 (Y) špecifická (merná) energia čerpadla	J.kg ⁻¹	3230
Podávacie čerpadlo typu	PD - 48 (n) počet otáčok (maximálna)	ot. min ⁻¹	2950
	PD - 48 (n ₂) počet otáčok (minimálna)	ot. min ⁻¹	2500
	PD - 48 (Q) objemový prietok	m ³ .s ⁻¹	0,0421
	PD - 48 (Y) špecifická (merná) energia čerpadla	J.kg ⁻¹	730
vnútorný priemer potrubia PDP–150 (d)		m	0,144
kinematická viskozita (᠑)		m ² .s ⁻¹	4 . 10 ⁻⁶
dĺžka úseku potrubia PDP–150 (l)		m	2000
teoretická dĺžka potrubia PDP–150 (L)		m	36,5
koeficient konfigurácie terénu (k _t)			1,032
geodetická výška koncového bodu potrubia PDP–150 (z _{gk})		m	280
geodetická výška začiatočného bodu potrubia PDP–150 (z _{gz})		m	265

Na výpočet autori využívali vzťahy určené na hydraulický výpočet náhradného diaľkového potrubia [2]. Na výpočet prietoku vody je stanovený vzťah (1):

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1} \Rightarrow Q_1 = \frac{n_1 \cdot Q}{n} = \frac{2\,350 \cdot 0,0421}{2\,950} = 0,0335 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (1)$$

Kde: Q – objem prietoku ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$),
n – počet otáčok za určitú minútu (ot. min^{-1}),
n₁ – počet otáčok za určitú minútu (ot. min^{-1}).

Riešenie hydraulického výpočtu NDP je podľa konkrétnych krokov [2]:

- 1. krok** – určenie strát trením na 1 km dĺžky potrubia (pri výpočte straty trením „z“ sa najskôr stanoví priemerná prierezová rýchlosť toku kvapaliny v potrubí „v“):

$$v = \frac{Q_1}{S} = \frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0,03354}{\pi \cdot 0,144^2} = 2,0593 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (2)$$

Kde: v – prierezová rýchlosť v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,
Q – objemový prietok v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
S – prietochný prierez v m^2 ,
d – vnútorný priemer potrubí v m.

- 2. krok** – určenie charakteru prúdenia v potrubí pomocou Reynoldsovo číslo, ako bezrozmerné kritérium charakteru prúdu kvapaliny v potrubí vyjadruje pomer vplyvu zotrvačných a viskózných síl. Hodnota Reynoldsovho čísla pre kruhové potrubia je daná vzťahom:

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{2,0593 \cdot 0,144}{4 \cdot 10^{-6}} = 74\,135 \quad (3)$$

Kde: Re – Reynoldsovo číslo – bez fyzikálnej jednotky,
v – prierezová rýchlosť toku kvapaliny v potrubí v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,
d – vnútorný priemer potrubia v m,
 ν – kinematická viskozita v $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

O charaktere prúdenia v potrubí rozhoduje veľkosť Reynoldsovho čísla:

- laminárne prúdenie vzniká pri $Re \leq 2320$,
- turbulentné prúdenie vzniká pri $Re > 2320$.

- 3. krok** – Na zaistenie charakteru prúdenia kvapaliny potrubím sa vypočíta súčiniteľ straty trením. Súčiniteľ straty trením pri turbulentnom prúdení sa určí s postačujúcou presnosťou podľa empirického vzťahu Nikolajeva-Lobanova:

$$\lambda = \frac{0,22}{R_e^{0,211}} = \frac{0,22}{74\,135^{0,211}} = 0,0206 \quad (4)$$

Kde: λ – súčiniteľ straty trením – bez fyzikálnej jednotky,
Re – Reynoldsovo číslo – bez fyzikálnej jednotky.

Pri preprave RL náhradným diaľkovým potrubím býva charakter prúdenia spravidla turbulentný.

- 4. krok** – Samotný výpočet strát trením na 1 km délky potrubia sa vykoná z Darcyho-Weissbachovej rovnice:

$$z_t = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,0206 \cdot \frac{2\,000}{0,144} \cdot \frac{2,0593^2}{2 \cdot 9,81} = 61,8408 \text{ m} \quad (5)$$

- Kde: z_t – straty trením na 1 km délky potrubia v m,
 λ – súčiniteľ straty trením, predstavuje vzájomnú závislosť parametrov potrubia a kvapaliny – bez fyzikálnej jednotky,
 d – vnútorný priemer potrubia v m,
 l – dĺžka úseku potrubia v m (teda 1 km = 1000 m),
 v – prierezová rýchlosť v m.s⁻¹,
 g – tiažové zrýchlenie v m.s⁻² (hodnota 9,81).

- 5. krok** – Výpočet celkovej straty trením pre celú dĺžku potrubia. Celková strata trením pre celú dĺžku potrubia sa stanoví podľa vzťahu:

$$Z_t = z_t \cdot L \cdot k_t = 61,8408 \cdot 36,5 \cdot 1,032 = 2\,329,42 \text{ m} \quad (6)$$

- Kde: Z_t – celková strata trením v m,
 z_t – straty trením na 1 km délky potrubia v m,
 L – teoretická dĺžka potrubia v m,
 k_t – koeficient konfigurácie terénu – bez fyzikálnej jednotky.

Koeficient terénu je závislý od členitosti terénu a jeho hodnoty sú uvedené v tabuľke číslo 5.

Tabuľka 5
Hodnota koeficientu členitosti terénu [2]

Terén	Hodnota koeficientu
Rovinatý	1,020 – 1,030
Stredne zvltnený	1,031 – 1,035
Silne zvltnený	1,036 – 1,200
Horský	1,210 – 1,300

- 6. krok** – Výpočet stratovej špecifickej energie. Výpočet stratovej špecifickej energie predpokladá najprv zistiť stratovú výšku. Stratová výška, t.j. výška potrebná na prekonanie hydraulických strát v uvažovanom úseku potrubnej linky, je súčet celkovej straty trením a výškového rozdielu koncového a začiatočného bodu potrubnej linky. Určí sa podľa vzťahu:

$$Z = Z_t + (z_{gk} - z_{gz}) = 2\,329,42 + (340 - 350) = 2\,319,42 \text{ m} \quad (7)$$

- Kde: Z – stratová výška v m,
 Z_t – celková stratová výška v m,
 z_{gk} – geodetická výška koncového bodu potrubia v m,
 z_{gz} – geodetická výška začiatočného bodu potrubia v m.

7. krok – Vlastný výpočet stratovej špecifickej energie sa vykonáva podľa vzťahu:

$$Y_z = g \cdot Z = 9,81 \cdot 2\,319,42 = 22\,753,51 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \quad (8)$$

Kde: Y_z – stratová špecifická energia v $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$,
 g – tiažové zrýchlenie v $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ (hodnota 9,81),
 Z – stratová výška v m.

Prevádzkový režim čerpacích staníc sa určuje z ich prevádzkových charakteristík, teda závislosti prietoku „ Q “ od špecifickej energie čerpadla „ Z “ pri daných otáčkach čerpadla.

8. krok – Prevádzkový režim ČS KD-200:

$$Y_1 = \left(\frac{n_1}{n}\right)^2 \cdot Y = \left(\frac{2\,350}{2\,950}\right)^2 \cdot 22\,753,51 = 20\,499,7 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \quad (9)$$

$$Y_{\text{ves1}} = 2 \cdot Y_1 = 2 \cdot 20\,499,7 = 40\,999,4 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \quad (10)$$

Prevádzkový režim ČS PD-48:

$$Y_2 = \left(\frac{n_2}{n}\right)^2 \cdot Y = \left(\frac{2\,500}{2\,950}\right)^2 \cdot 22\,753,51 = 10\,483,3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \quad (11)$$

$$Y_{\text{ves2}} = 2 \cdot Y_2 = 2 \cdot 10\,483,3 = 20\,966,6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \quad (12)$$

9. krok – Celkový počet čerpacích staníc potrebných na výstavbu potrubnej linky sa určí zo vzťahu:

$$x = \frac{Y_z}{Y_{\text{ves1}}} = \frac{22\,753,51}{40\,999,4} = 0,55504 = 0,56 \text{ ks} \quad (13)$$

Kde: x – celkový počet čerpacích staníc v ks,
 Y_z – stratová špecifická energia v $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$,
 Y – špecifická energia čerpadla v $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Pri výpočte spravidla nevychádza celkový počet čerpacích staníc „ x “ na celé číslo, preto sa hodnota zaokrúhľuje na najbližšie nasledujúce celé číslo.

10. krok – Strata mernej energie na 1 km:

$$Y_{z1} = g \cdot z_t = 9,81 \cdot 61,8408 = 606,66 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \quad (14)$$

11. krok – Objem NDP:

$$Y = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L = \frac{\pi \cdot 0,144^2}{4} \cdot 36,5 = 0,594 \text{ m}^3 \quad (15)$$

12. krok – Čas naplnenia NDP:

$$t = \frac{V + V_{\text{vk}}}{Q_1} = \frac{0,594 + 250}{0,0335} = 7\,480 \text{ s} = 2,08 \text{ h} \quad (16)$$

Na výpočet hydraulického trojuholníka musí vypočítat':

- a – špecifická energia hlavnej čerpacej stanice vyjadrená v mierke výšok profilu trasy,
- a' – špecifická energia podávacej čerpacej stanice vyjadrená v mierke výšok profilu trasy,
- a_{min} – minimálna požadovaná špecifická energia vo vstupnom hrdle hlavnej čerpacej stanice vyjadrená v mierke výšok profilu trasy,
- b – vodorovná vzdialenosť, do ktorej môže hlavné čerpadlo dotlačiť čerpanú kvapalinu, vyjadrená v mierke dĺžok profilu trasy.

Hodnoty na zostrojenie hydraulického trojuholníka sa vypočítajú podľa vzťahov:

$$a = \frac{Y_{vcs1}}{g} \cdot M_v \cdot 100 = \frac{4\,099,4}{9,81} \cdot (1:2\,000) \cdot 100 = 20,89 \text{ cm} \quad (17)$$

Kde: a – špecifická energia hlavnej čerpacej stanice vyjadrená v mierke výšok profilu trasy v m,

Y_{vcs1} – špecifická energia hlavnej čerpacej stanice v $J \cdot kg^{-1}$,

g – tiažové zrýchlenie v $m \cdot s^{-2}$ (hodnota 9,81),

M_v – mierka výšok profilovej trasy – bez fyzikálnej jednotky.

$$a' = \frac{Y_{vcs2}}{g} \cdot M_v \cdot 100 = \frac{1\,048,9}{9,81} \cdot (1:2\,000) \cdot 100 = 5,34 \text{ cm} \quad (18)$$

Kde: a' – špecifická energia podávacej čerpacej stanice vyjadrená v mierke výšok profilu trasy v m,

Y_{vcs2} – špecifická energia podávacej čerpacej stanice v $J \cdot kg^{-1}$,

g – tiažové zrýchlenie v $m \cdot s^{-2}$ (hodnota 9,81),

M_v – mierka výšok profilovej trasy – bez fyzikálnej jednotky.

$$a_{min} = \frac{Y_{min}}{g} \cdot M_v \cdot 100 = \frac{320}{9,81} \cdot (1:2\,000) \cdot 100 = 1,63 \text{ cm} \quad (19)$$

Kde: a_{min} – minimálna požadovaná špecifická energia vo vstupnom hrdle hlavnej čerpacej stanice vyjadrená v mierke výšok profilu trasy,

Y_{min} – požadovaná špecifická energia vo vstupnom hrdle hlavnej čerpacej stanice v $J \cdot kg^{-1}$,

g – tiažové zrýchlenie v $m \cdot s^{-2}$ (hodnota 9,81),

M_v – mierka výšok profilovej trasy – bez fyzikálnej jednotky.

$$b_{min} = \frac{Y_{min}}{Y_{z1} \cdot k} \cdot M_m \cdot 100\,000 = \frac{320}{606,66 \cdot 1,032} \cdot (1:50\,000) \cdot 100\,000 = 1,02 \text{ cm} \quad (20)$$

Kde: b_{min} – minimálna požadovaná špecifická energia vo vstupnom hrdle podávacej čerpacej stanice vyjadrená v mierke výšok profilu trasy,

Y_{min} – požadovaná špecifická energia vo vstupnom hrdle hlavnej čerpacej stanice v $J \cdot kg^{-1}$,

Y_{z1} – strata mernej energie na 1 km,

k – koeficient konfigurácie terénu – bez fyzikálnej jednotky,

M_m – mierka dĺžok profilovej trasy – bez fyzikálnej jednotky.

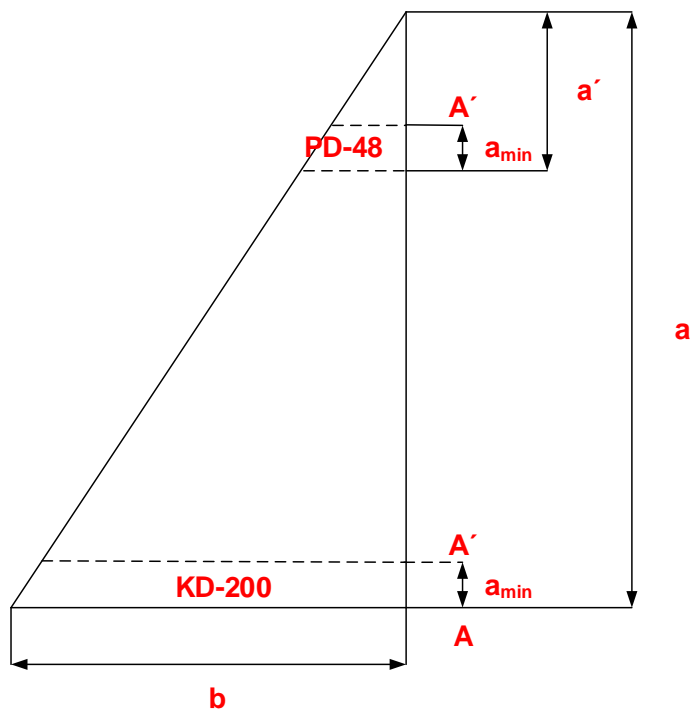
$$b = \frac{Y_{vcs1}}{Y_{z1} \cdot k} \cdot M_m \cdot 100\,000 = \frac{4\,099,4}{606,66 \cdot 1,032} \cdot (1:50\,000) \cdot 100\,000 = 13,95 \text{ cm} \quad (21)$$

Kde: b – vodorovná vzdialenosť, do ktorej môže hlavné čerpadlo dotlačiť čerpanú kvapalinu, vyjadrená v mierke dĺžok profilu trasy,

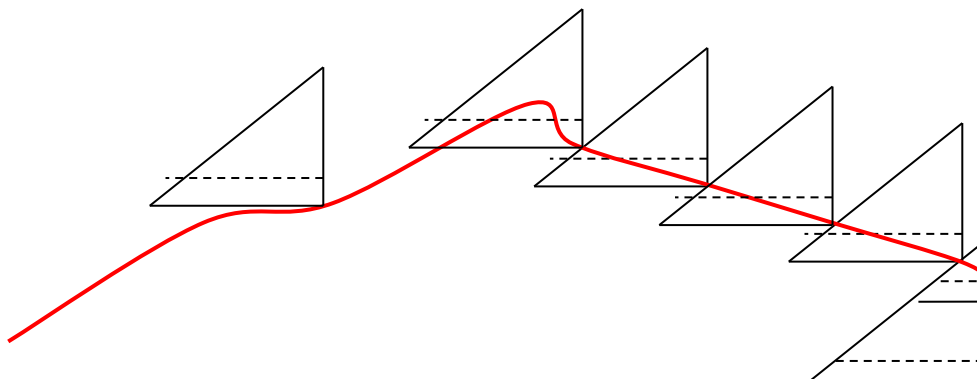
Y_{vcs1} – špecifická energia hlavnej čerpacej stanice v $J.kg^{-1}$,
 Y_{z1} – stratová špecifická energia v $J.kg^{-1}$,
 k – koeficient konfigurácie terénu – bez fyzikálnej jednotky,
 M_m – mierka dĺžok profilovej trasy – bez fyzikálnej jednotky.

$$b' = \frac{Y_{vcs2}}{Y_{z1} \cdot k} \cdot M_m \cdot 100\,000 = \frac{1\,048,6}{606,66 \cdot 1,032} \cdot (1 : 50\,000) \cdot 100\,000 = 3,35 \text{ cm} \quad (22)$$

Kde: b^* – vodorovná vzdialenosť, do ktorej môže podávacie čerpadlo dotlačiť čerpanú kvapalinu, vyjadrená v mierke dĺžok profilu trasy,
 Y_{vcs2} – špecifická energia hlavnej čerpacej stanice v $J.kg^{-1}$,
 Y_{z1} – stratová špecifická energia v $J.kg^{-1}$,
 k – koeficient konfigurácie terénu – bez fyzikálnej jednotky,
 M_m – mierka dĺžok profilovej trasy – bez fyzikálnej jednotky.



Obr. 7
 Výpočet hydraulického trojuholníka



Obr. 8

Možné určenie trasy NDP pomocou hydraulického trojuholníka pre obec Považský Chlmec

Pokiaľ je v krízovej situácii rozhodnuté o využití nového alebo neznámeho náhradného zdroja vody za pomoci NDP je nutné pred použitím urobiť vstupnú kontrolu kvality vody minimálne v rozsahu krátkého rozboru pitnej vody definované vo vyhláškach [3] a [4], ktorý sa doplní o enterokoky, poprípade ďalšie ukazovatele indikované ako potenciálne rizikové miestnym šírením. Neznámy zdroj vody by mal byť použitý len so súhlasom orgánov ochrany verejného zdravia. [3, 4]

Vhodná úprava vody:

K zvládnutiu havarijnej situácii u vyššie uvedených opatrení je možné použiť rad postupov úpravy vody. Medzi najčastejšie patrí zvýšenie dávok dezinfekčných prostriedkov, tam kde je podozrenie z možnej mikrobiálnej kontaminácie. Pri tom je nutné mať na pamäti, že napr. zvýšenie dávky chlóru o niekoľko miligramov (na liter) môže byť účinné voči niektorým patogénnym baktériám (ako aj voči sledovaným indikátorovým organizmom ako je *E. coli* alebo enterokoky), ale bude úplne neúčinné voči patogénom prvokov (napr. z rodu *Giardia* alebo *Cryptosporidium*), alebo enterickým vírusom, pokiaľ budú vo vode prítomné. Preto je vždy nutné situáciu komplexne vyhodnotiť a nespoliehať sa na nulové nálezy bežných indikátorov, ale zaistiť buď existenciu ďalších bariér (filtrácie, UV-žiarenie) alebo použiť takú dávku dezinfekčného prostriedku, ktorý spoľahlivo zaistí mikrobiologickú nezávadnosť vody.

ZÁVER

Jednou z možností ako zabezpečiť zásobovanie pitnou vodou je využitie náhradného diaľkového potrubia, kedy sa efektívne môže prepraviť voda z miesta zdroja vody na miesto výdaja vody s využitím prípadnej mobilne úpravne vody, aby kvalita pitnej vody zodpovedala normám kvality pitnej vody. Využitie náhradného diaľkového potrubia patrí už k metódam, kedy sa preprava vody používa v obmedzenom množstve. V prípade prepojenia systému s okolitým vodovodom je možné využiť dodávku vody s susedným systémom pričom táto varianta musí byť dopredu technicky a právne ošetrená. Pokiaľ nie je uvedená alternatíva prístupná, znamená to napr. vybudovanie alebo využitie záložného zdroja vody, prípravu technických prostriedkov, náhradné čerpanie, úpravu i rozvod vody, obstaranie terénnych súprav pre rozbor vody, zaškolenie pracovníkov obsluhy a pod., vrátane periodické kontroly ich

stavu. V prípade krízového javu príp. v situácii, kedy nie je možné využiť ďalšie možnosti prepravy pitnej vody, je to vhodný spôsob, ktorý je možné použiť pre zabezpečenie dostatočného množstva pitnej vody.

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a inovácie pre projekt: IKT pre smart spoločnosť, kód ITMS2014+: 313011T462, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra

- [1] JAKUBČEKOVÁ, J., M. TOMEK. Mobilné úpravne vody a náhradné diaľkové potrubie: vybrané problémy núdzového zásobovania pitnou vodou pri riešení krízových javov. *Civilná ochrana: revue pre civilnú ochranu obyvateľstva*. 2012, roč. 14, č. 3, s. 48–51. ISSN 1335-4094.
- [2] TOMEK, M., J. JAKUBČEKOVÁ, E. BENČÍKOVÁ. *Núdzové zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou*. 1. vydanie. Žilina: Žilinská univerzita, 2011. ISBN 978-80-554-0521-6.
- [3] Vyhláška č. 636/2004 Z. z. Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu surovej vody a na sledovanie kvality vody vo verejných vodovodoch [online]. [cit. 2019-09-19]. Dostupné na: <https://www.zakonypreludi.sk/zz/2004-636>
- [4] Vyhláška č. 247/2017 Z. z. Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou [online]. [cit. 2019-09-19]. Dostupné na: <https://www.zakonypreludi.sk/zz/2017-247>