



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

NÁVRH REKONSTRUKCE PŘIVADĚČE SUROVÉ VODY PRO ÚPRAVNU VODY

RECONSTRUCTION PROPOSAL OF RAW WATER SUPPLY FOR WATER TREATMENT
PLANT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Dmytro Pasnichenko

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. TOMÁŠ KUČERA, Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

NÁVRH REKONSTRUKCE PŘIVADĚČE SUROVÉ VODY PRO ÚPRAVNU VODY

RECONSTRUCTION PROPOSAL OF RAW WATER SUPPLY FOR WATER TREATMENT
PLANT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Dmytro Pasnichenko

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. TOMÁŠ KUČERA, Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Dmytro Pasnichenko
Název	Návrh rekonstrukce přivaděče surové vody pro úpravnu vody
Vedoucí práce	doc. Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2020
Datum odevzdání	15. 1. 2021

V Brně dne 31. 3. 2020

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

[1] NOVÁK, Pavel. Hydraulic modelling: an introduction ; principles, methods and applications. London: Spon Press, 2010, xiv, 599 s. ISBN 978-0-419-25010-4.

[2] LIN, Shun Dar. Water and wastewater calculations manual. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2007, 945 s. ISBN 00-714-7624-5.

[3] TUHOVČÁK, Ladislav, Pavel ADLER, Tomáš KUČERA a Jaroslav RACLAVSKÝ. Vodárenství: Studijní opora pro studijní programy s kombinovanou formou studia [online]. Brno: VUT v Brně, 2006 [cit. 2012-03-26].

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Diplomant se bude zabývat návrhem rekonstrukce konkrétního přivaděče surové vody z povrchového zdroje, který je v současné době v nevyhovujícím technickém stavu. Návrh bude proveden formou studie, budou zváženy nejméně dvě varianty, z nichž jedna bude rozpracována detailněji a v rozsahu podle pokynů vedoucího práce.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá posouzením technického stavu přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv pro úpravnu vody Ingulec na Ukrajině a návrhem rekonstrukce úseku tohoto přivaděče. Konkrétně se jedná o úsek ocelového potrubí DN 1 400 délky 300 m prvního řadu přivaděče u vesnice Myrné v Bílozers'kém rajónu Chersons'ké oblasti, který je v havarijním stavu. V rámci této práce je provedeno zhodnocení současného technického stavu potrubí prvního a druhého řadu přivaděče. Následně je proveden návrh rekonstrukce úseku pomocí vybrané sanační technologie.

KLÍČOVÁ SLOVA

Přivaděč surové vody Dnipro-Mykolajiv, první řad, čerpací stanice prvního zvednutí, úpravna vody Ingulec, rekonstrukce, relining.

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the assessment of the technical condition of the raw water supply Dnipro-Mykolaiv for water treatment plant Inhulets in Ukraine and the reconstruction proposal of the section of this supply. Specifically, it is a 300 m long section of the steel pipeline DN 1 400 of the first row of the supply near the Myrné village in Bilozerka Raion (district), Kherson Oblast (province), Ukraine, which is in a state of disrepair. As part of this work is an an evaluation of the current technical condition of the pipelines of the first and second rows of the supply. Subsequently, the design of the reconstruction of the section is then carried out using selected remediation technology.

KEYWORDS

Raw water supply Dnipro-Mykolaiv, first row, first stage pumping station, water treatment plant Inhulets, reconstruction, relining.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Dmytro Pasnichenko *Návrh rekonstrukce přivaděče surové vody pro úpravnu vody*. Brno, 2021. 111 s., 133 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Návrh rekonstrukce přivaděče surové vody pro úpravnu vody* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15. 1. 2021

Bc. Dmytro Pasnichenko

autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Návrh rekonstrukce přivaděče surové vody pro úpravnu vody* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 15. 1. 2021

Bc. Dmytro Pasnichenko
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat všem, kdo pomáhal mi během zpracování této diplomové práce, především mému vedoucímu práce doc. Ing. Tomášovi Kučeře, Ph. D., za důvěru, možnost zpracovat zvolené téma práce a za přínosné konzultace a odborné vedení. Velmi děkuji vedoucímu ústavu Vodního hospodářství obcí panu doc. Ing. Ladislavu Tuhovčákovi CSc. a proděkanu pro studium a informační systémy doc. Ing. Janu Jandorovi Ph.D. za pomoc se žádostí o umožnění splnění předdiplomové praxe ve městské komunální společnosti Mykolajivvodokanal na Ukrajině za účelem sběru dat pro zpracování diplomové práce. Upřímně děkuji vedení městské komunální společnosti „Mykolajivvodokanal“ a to generálnímu řediteli Ing., MBA., Borysu Dudekovi a technickému řediteli Ing. Vasyl’u Tel’pisovi CSc. za poskytnutou odbornou praxi na vodárnách města Mykolajevo a za zajištění všech možných podkladů a přístupu ke zdrojům dat pro zpracování této diplomové práce.

OBSAH

1	ÚVOD	4
2	PRŮVODNÍ ZPRÁVA	5
2.1	Identifikační údaje	5
2.1.1	Údaje o společnosti Mykolajivvodokanal	5
2.2	Údaje o území	6
2.2.1	Rozsah řešeného území	6
2.2.2	Historie zásobování Mykolajeva vodou	7
2.2.3	Přírodní podmínky	9
2.2.4	Hydrobiologický režim v řece Dnipro	10
3	SOUHRNNÁ TECHNICKÁ ZPRÁVA	11
3.1	Technologické schéma čerpání vody z řeky Dnipro na úpravnu vody Ingulec	11
3.2	Materiál potrubí přivaděče	21
3.3	Objekty na přivaděči	22
3.4	Posouzení technického stavu přivaděče	32
3.5	Technologie rekonstrukce ocelových potrubí	45
3.5.1	Bezvýkopová metoda RELINING (bez trhání)	46
3.5.2	Cementace vnitřního povrchu potrubí	49
3.5.3	Bezvýkopová rukávcová metoda	51
3.5.4	Bezvýkopová metoda SWAGELINING	53
4	HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY	55
4.1	Stanovení parametrů přivaděče před rekonstrukcí	55
4.1.1	Výpočet drsnosti potrubí přivaděče	55

4.1.2	Výpočet specifických odporů potrubí přivaděče.....	56
4.1.3	Výpočet tlakových ztrát v přivaděči před rekonstrukcí.....	60
4.1.4	Grafická charakteristika přivaděče před rekonstrukcí.....	63
4.2	Hydraulický model přivaděče Dnipro-Mykolajiv před rekonstrukcí v programu Epanet 2.2.....	69
4.2.1	Modelování průtoku Q_d přivaděčem před rekonstrukcí.....	69
4.2.2	Modelování průtoku $Q_{hav.}$ přivaděčem před rekonstrukcí...	71
4.3	Návrh rekonstrukce zvoleného úseku 1. řadu přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv.....	72
4.4	Stanovení parametrů přivaděče po rekonstrukci.....	75
4.4.1	Výpočet specifického odporu úseku potrubí po rekonstrukci.....	75
4.4.2	Výpočet tlakových ztrát v 1. řadu přivaděče po rekonstrukci.....	76
4.4.3	Grafická charakteristika přivaděče po rekonstrukci.....	78
4.5	Hydraulický model přivaděče Dnipro-Mykolajiv po rekonstrukci v programu Epanet 2.2.....	82
4.5.1	Modelování průtoku Q_d přivaděčem po rekonstrukci.....	82
4.5.2	Modelování průtoku $Q_{hav.}$ přivaděčem po rekonstrukci.....	84
4.6	Odolnost navrženého potrubí vůči tlakovému rázu....	86
4.7	Prodloužení navrženého potrubí při změně teploty vody.....	87
5	VÝSLEDKY DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	89
6	ZÁVĚR.....	92

7 POUŽITÁ LITERATURA	93
SEZNAM TABULEK	97
SEZNAM OBRÁZKŮ	99
SEZNAM POUŽITÝCH POJMŮ, ZKRATEK A SYMBOLŮ	106
SEZNAM PŘÍLOH	111

1 ÚVOD

Téma této diplomové práce je zvolena na základě osobního zájmu o problému, který se týká zásobování pitnou vodou města Mykolajiv na Ukrajině.

Mykolajiv je průmyslové a přístavní město na jihu Ukrajiny, kde žije 483 186 obyvatel. Zásobování města pitnou vodou od roku 1958 do roku 2006 bylo zajištěno ze dvou povrchových zdrojů, a to z řeky Dnipro a z vodárenské nádrže Žovtnevá u Mykolajeve. Po vypouštění vodní nádrže v roce 2007 za účely odstranění usazenin, oprav hráze a modernizace jímacího zařízení, které do dnešní doby nebyly realizovány, jediným zdrojem pro zásobování vodou 415 000 obyvatel napojených na veřejnou vodovodní síť města zůstala řeka Dnipro [1].

Jímací objekt na řece Dnipro se nachází u vesnice Mykil's'ké v Cherson's'ké oblasti. Voda z řeky je čerpána přivaděčem surové vody Dnipro-Mykolajiv, který se skládá ze dvou ocelových potrubí průměru 1 420 mm délky 73 km, na úpravnu vody Ingulec u města Mykolajiv. Průměrná denní spotřeba vody městem je 110 000 m³/den z nich 80 % spotřebuje obyvatelstvo a 20 % jde na výrobní průmysl [3].

Kvůli neuspokojivému stavu přivaděče, zvětšení počtu závad a poruch na potrubích a neexistenci náhradního zdroje vody pro město Mykolajiv vybrané téma rekonstrukce přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv je velice aktuální.

Náplní této práce je posouzení technického stavu přivaděče Dnipro-Mykolajiv a návrh rekonstrukce havarijního úseku tohoto přivaděče. Konkrétně se jedná o úsek ocelového potrubí DN 1 400 délky 300 m prvního řadu přivaděče u vesnice Myrné v Cherson's'ké oblasti.

Na základě informace o stáří potrubí a posouzení stávajícího stavu prvního řadu přivaděče je navržena technologie rekonstrukce.

Hlavními kapitolami práce jsou průvodní zpráva, technická zpráva a hydrotechnické výpočty. Průvodní zpráva obsahuje identifikační údaje a údaje o území. V technické zprávě je provedeno posouzení technického stavu přivaděče, popsány vybrané technologie rekonstrukce a možnosti jejich aplikace na technicky zhodnoceném přivaděči. V hydrotechnických výpočtech je vytvořen hydraulický model stávajícího přivaděče a provedeno posouzení hydraulických charakteristik potrubí před a po rekonstrukci. Provedeno posouzení účinnosti zvolené technologie rekonstrukce.

Tato studie rekonstrukce poslouží provozovateli investičním záměrem před zahájením rekonstrukce potrubí přivaděče vybranou metodou.

2 PRŮVODNÍ ZPRÁVA

2.1 Identifikační údaje

Na základě jednání s technickým ředitelem městské komunální společnosti Mykolajivvodokanal tématem diplomové práce bude provedení posouzení technického stavu přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv (viz *Přílohy č. 1 a č. 2*) a pro vybraný úsek potrubí DN 1 400 délky 300 m prvního řadu přivaděče se staničením 53,38 km až 53,68 km v Bílozerském rajónu Chersonské oblasti v lokalitě mezi vesnicí Myrné a dálnicí E-58, M-14 (viz *Příloha č. 3.*) bude proveden návrh rekonstrukce, protože podle technického ředitele tento úsek je v nejhorším stavu a vzniká na něm nejvíce poruch.

Vlastníkem a provozovatelem přivaděče Dnipro-Mykolajiv je městská komunální společnost Mykolajivvodokanal [2].

2.1.1 Údaje o společnosti Mykolajivvodokanal

Městská komunální společnost Mykolajivvodokanal vznikla v roce 1908. Všechny sítě a stavby ve městě Mykolajiv včetně jímacího objektu u vesnice Mykil'ské v Chersonské oblasti a přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv délky 73 km jsou ve vlastnictví společnosti. Mykolajivvodokanal poskytuje služby zásobování pitnou vodou, odvádění a čištění odpadních vod pro 415 000 obyvatel Mykolajeva [2].

Společnost provádí následující činnosti: jímání vody z řeky Dnipro za účelem zásobování pitnou a užitkovou vodou; úprava a nepřetržitá dodávka vody; odvádění a likvidace odpadních vod; provoz vodovodních a kanalizačních sítí; provoz a údržbu zařízení – čerpacích a zvyšovacích stanic, úpravny vody a čistírny odpadních vod [2].

Na základě smluv Mykolajivvodokanal zásobuje surovou vodou za účelem zavlažování z trubního vedení Dnipro-Mykolajiv některé vesnice a soukromé společnosti v Mykolajivské a Chersonské oblastech.

Základní údaje o městské komunální společnosti Mykolajivvodokanal [2]:

Obchodní jméno:	Mykolajivvodokanal
Právní forma:	městská komunální společnost
Sídlo:	54055, Mykojivská oblast, město Mykolajiv, Ingul'ský rajón, ulice Pohranyčná 161
Identifikační číslo:	31448144
Generální ředitel:	Borys Dudenko

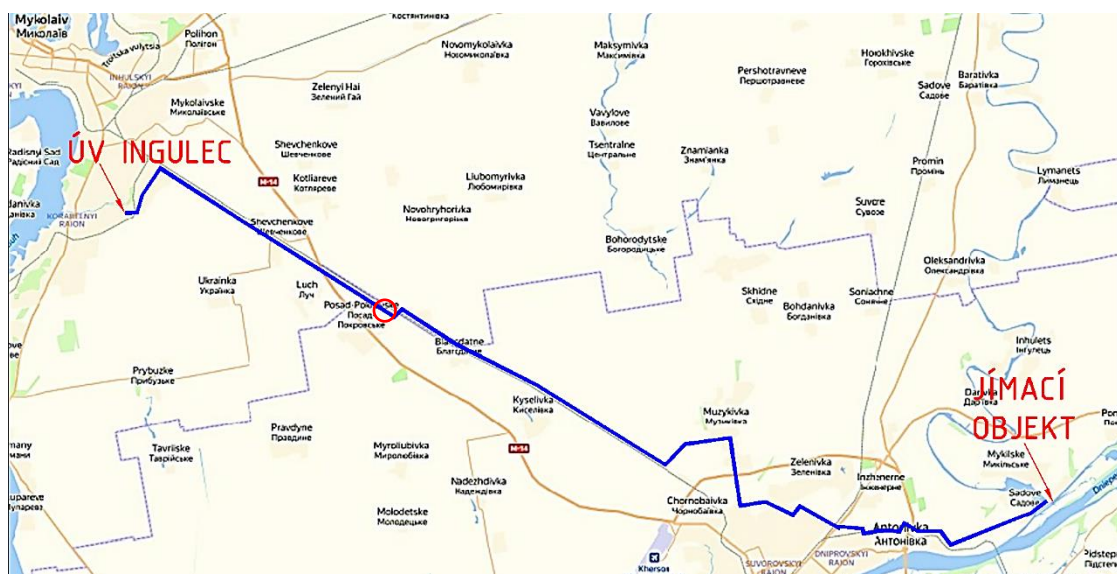


Obr. 2.1. Informační brožura Mykolajivvodokanal [2]

2.2 Údaje o území

2.2.1 Rozsah řešeného území

Úsek ocelového potrubí DN 1 400 délky 300 m prvního řadu přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv se staničením 53,38 km až 53,68 km se nachází v Bilozers'kém rajónu Cherson'ské oblasti v lokalitě mezi vesnicí Myrné a dálnicí E-58, M-14 (viz Přílohy č. 3 a č. 5). Polohu úseku vzhledem k umístění na Ukrajině znázorňuje Obr. 2.2.



Obr. 2.2. Poloha havarijního úseku přivaděče vzhledem k umístění na Ukrajině [10]

Část přivaděče, kterým se zabývá tato studie, leží u vesnice Myrné mezi jímacím objektem a úpravnou vody. Tyto vodárenské objekty nejsou předmětem diplomové práce. Polohu jímacího objektu a úpravnou vody včetně orientační trasy celého přivaděče Dnipro-Mykolajiv znázorňuje přehledná situace (viz *Přílohy č. 1 a č. 2*).

2.2.2 Historie zásobování Mykolajeva vodou

Historie zásobování města Mykolajiv pitnou vodou je velice rozsáhlá a začíná se v roce 1906. V té době město používalo vodu z okolních podzemních zdrojů. Kvůli postupnému vyčerpání zásob podzemní vody, zhoršení její kvality a rychlému zvětšení potřeby vody městem, státní správou bylo přijato rozhodnutí o výstavbě u města vodní nádrže. V roce 1958 byly ukončeny stavební práce z výstavby vodní nádrže Žovtnevá s užitným objemem 26 milionů m³ sladké vody. Voda do nádrže byla přiváděná zavlažovací kanálem z řeky Ingulec. Zároveň s výstavbou nádrže byl postaven první blok úpravnou vody Ingulec pro úpravu surové vody z nádrže na vodu pitnou (viz *Obr 2.3*) [1].



Obr. 2.3. Výstavba prvního bloku úpravnou vody Ingulec [1]

V roce 1972 bylo přijato rozhodnutí o výstavbě v blízkosti Mykolajeva závodu z výroby oxidu hlinitého, který měl obrovskou spotřebu vody a kterou nebyla schopná zajistit vodní nádrž Žovtnevá, proto zároveň s začátkem stavby závodu v roce 1974 byly zahájeny stavební práce u vesnice Mykil's'ké v Cherson's'ké oblasti na řece Dnipro, kde začali budovat jímací objekt výkonem 280 tis. m³/den a první řad přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv s kapacitou 116 tis. m³ čerpané vody za den a druhý blok úpravnou vody u Mykolajeva, které by zajistily potřebné množství vody pro město a závod [1], [3].

Jímací objekt se skládal z přírodního kanálu, jímadla na dně kanálu, břehové jímký stavebně sdružené s čerpací stanicí nulového zvednutí, haly mikrosítových filtrů, chlorového hospodářství, vodojemu surové vody objemem 10 tis. m³ a čerpací stanice prvního zvednutí [1], [3].

Výstavba prvního řadu přivaděče od začátku měla velké potíže. Podle projektu průměr přivaděče by měl být 1 400 mm, ale v té době trubky tak velkých průměrů byly jenom na stavbách plynovodů, proto pro zabezpečení stavby rourami, bylo zahájeno dopravu zbytku trub z míst výstavby plynovodů do Mykolajivs'ké a Chersons'ké oblasti. Na stavbě byly použity ocelové roury průměru 1 420 mm PN 16 dle ГОСТ 10704-63 (dle ČSN 11378) s tloušťkou stěny 14 až 16 mm [1], [3].

Na stavenišťe byly dováženy trubky délky 12 m, které u míst montáže byly svařovány ručním obloukovým svařováním v úseky o délce 36 m. Před montáží byla zajištěná bitumenová izolace vnějšího povrchu potrubí. Pak pomocí jeřábů byla prováděna montáž potrubí v rýze, kde jednotlivé úseky svařovali mezi sebou a izolovali místa svárů. Problém vznikl i s tím, že roury měly průměr 1 420 mm a standardní příruby byly vyráběny pro trubky průměru 1 400 mm, proto příruby pro přivaděč byly speciálně vyrobeny na zakázku na jedné z loděnic města Mykolajiv [1].

Stavební práce z uložení potrubí 1. řadu byly ukončeny v roce 1978. Pak byly prováděny práce z montáže šoupátek a uzavíracích klapek, vzdušníků, výstavby komor i šachet v místech instalace armatur a na závěr byly provedeny tlakové zkoušky [1].

29. března roku 1979 bylo podepsáno kolaudační rozhodnutí. První řad přivaděče byl uveden do provozu 28. července roku 1980. Návrhový průtok prvním řadem byl 116 tis. m³/den [1].

V období od roku 1981 do 1985 byly zahájeny stavební práce z výstavby druhého řadu přivaděče, který by byl veden souběžně s existujícím. Výstavba byla plánovaná ve čtyř etapách. Ale do roku 1986 bylo vybudováno jenom 18 km potrubí od jímacího objektu do nově postavené zvyšovací stanice Cherson u vesnice Zelenívka a výkon této soustavy stanovil 230 tis. m³/den. Od zvyšovací stanice pokračovali ve výstavbě druhého řadu a do roku 1989 bylo ukončeno realizace druhé a třetí etapy stavby, ale po pádu sovětského svazu financování stavebních prací bylo přerušeno. Jenom 1. října roku 2002 byla ukončena čtvrtá etapa výstavby druhého řadu přivaděče délky 90 m u zvyšovací stanice, která byla pak vyloučena z provozu [1].

Do roku 2006 zásobování Mykolajeva vodou bylo zajištěno z řeky Dnipro a vodárenské nádrže Žovtnevá. Po vypouštění vodní nádrže v roce 2007 (viz *Obr. 2.4*) za účely odstranění usazenin, oprav hráze a modernizace jímacího zařízení, které do dnešní doby nebyly realizovány, jediným zdrojem pro zásobování vodou 415 000 obyvatel napojených na veřejnou vodovodní síť města zůstával přivaděč Dnipro-Mykolajiv [1].



Obr. 2.4. Kompletně vypuštěná vodní nádrž Žovtnevá

2.2.3 Přírodní podmínky

Klimatické podmínky v Cherson'ské a Mykolajiv'ské oblastech jsou poměrně kontinentální s měkkou zimou, s malým množstvím sněhu a s dlouhotrvajícím létem. Průměrná teplota vzduchu během roku je $+9,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3], [9].

Maximální teplota v červenci a srpnu je cca $+39\text{ }^{\circ}\text{C}$, průměrná letní teplota je $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$, minimální teplota v lednu a únoru je do $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, průměrná teplota v zimě stanoví cca $-3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3].

Hloubka promrznutí půdy v lednu a únoru stanoví cca 36 až 48 cm [3].

Doba trvání zimního období je od 57 do 81 dnů. Počet sněžných dnů je 46. Průměrná poměrná vlhkost nejstudenějšího měsíce stanoví 83 % a nejteplejšího 70 %. Součet srážek za rok stanoví 410 mm, sněhový kryt je netrvalý s tloušťkou do 0,3 m [3].

Krajina obou oblastí je rovinná a otevřená vlivům větrů ze všech směrů. V zimním období převládají větry s rychlostí 15 m/s a více. V jarním a letním období je charakterním střídáním směrů větru: v den převládají větry jižního směru a v noci severního [3].

V období od listopadu do dubna převládají severní, severozápadní, severovýchodní a jihozápadní větry a od dubna do října převládají severozápadní, jižní a jihozápadní větry. Průměrná měsíční rychlost větru je od 3 do 6 m/s [3], [9].

Podle dlouholetých pozorování v rajónech rekonstrukce převládají větry severního, severovýchodního a jižního směru, převážně slabé s rychlostí do 5 m/s [3].

Vypočítaná rychlost větru se zajištěností 4 % stanoví pro jižní směr 17 m/s, pro jihozápadní 20 m/s a pro západní 21,2 m/s [3], [9].

Maximální rychlost větrů je od 20 do 25 m/s za výjimkou zřídka opakovaných větrů rychlost kterých dosahuje rychlostí hurikánu [9].

2.2.4 Hydrobiologický režim v řece Dnipro

Průměrná váha bentické hmoty v korytě řeky Dnipro na úseku od města Nová Kachovka do vesnice Kasparivka v lokalitě místa jímaní vody ze zdroje je 120,5 g/m³ a skládá se z [9]:

- měkkýšů - 76 g/m³,
- korýšů - 56,0 g/m³,
- máloštětinatců (oligochaeta) - 4,76 g/m³,
- mnohoštětinatců (polychaeta) - 0,6 g/m³.

Celková hmotnost fytoplanktonu za období od března do listopadu se pohybuje od 91,1 do 5018,2 mg/m³ [9].

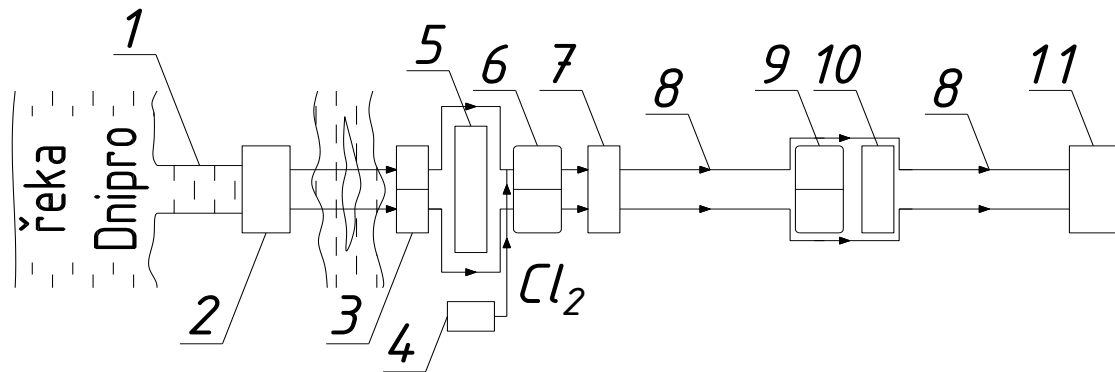
Tab. 2.1: Průměrné množství řas na jednotku objemu jímané vody, mg/m³ [9]

Měsíc	Druhy řas					Celková hmotnost
	Rozsivky	Zelené řasy (Chlorophyta)	Pyrofitové řasy	Sinice	Ostatní	
Březen	90,9	0,2	-	-	-	91,1
Květen	3653,0	107,4	13,8	1239,0	-	5013,2
Červenec	926,5	102,7	126,0	130,0	6,0	1291,2
Listopad	114,8	-	-	5,0	15,1	134,9

3 SOUHRNNÁ TECHNICKÁ ZPRÁVA

3.1 Technologické schéma čerpání vody z řeky Dnipro na úpravnu vody Ingulec

Jímací objekt o výkonu 280 tis. m³/den se nachází u vesnice Mykil'ské v Cherson'ské oblasti na řece Dnipro [3].



Obr. 3.1. Schéma dopravy vody na úpravnu vody Ingulec: 1. Přívodní kanál; 2. Jímadlo; 3. Břehová jímka stavebně sdružená s čerpací stanicí nulového zvednutí; 4. Chlorové hospodářství; 5. Hala mikrositových filtrů (mimo provoz); 6. Vodojem surové vody; 7. Čerpací stanice prvního zvednutí; 8. Přivaděč Dnipro-Mykolajiv; 9. Vodojemy surové vody; 10. Zvyšovací stanice Cherson (mimo provoz); 11. Úpravna vody Ingulec.

Přívodní kanál a jímadlo

Voda z řeky Dnipro natéká do přívodního kanálu délky 200 m (viz Obr. 3.2.). Na konci přívodního kanálu nade dnem je umístěno jímadlo výšky 4,5 m. Jímadlo (viz Obr. 3.3.) je opatřeno 108 filtračními síťovými kazetami velikosti 1,5×0,9 m se šterkovou naplní zrnitosti 25 mm. Kazety chrání vtokové otvory před vnikáním nežádoucích látek a ryb a tvoří první etapu předčištění surové vody [3].



Obr. 3.2. a 3.3. Přívodní kanál a jímadlo na dně kanálu

Břehová jímka stavebně sdružená s čerpací stanicí nulového zvednutí

Voda od jímadla dvěma ocelovými shybkami průměru 1 800 mm přitéká do břehové jímky stavebně sdružené s čerpací stanicí nulového zvednutí. Před výtoky se shybek do sací jímky jsou instalovány tři sady samočisticích česlí TH-2000. V horní části sací jímky jsou osazeny tlakové trysky, které česle kontinuálně čistí [3]. Aktuálně samočisticí česle jsou vyloučeny z provozu, kvůli tomu, že jsou v havarijním stavu, proto druhá etapa předčištění neprobíhá (viz *Obr. 3.4, 3.5 a 3.6.*).



Obr. 3.4, 3.5 a 3.6. Havarijní samočisticí česle TH-2000

Čerpací stanice nulového zvednutí čerpá surovou vodu ze sací jímky do areálu předúpravy vody a do vodojemu surové vody. V čerpací stanici jsou 4 čerpadla Д-12500-24 (průtok čerpadla je 12 500 m³/h, dopravní výška čerpadla je 24 m) (viz *Obr. 3.7 a 3.8*). Jedno ze čtyř čerpadel je v provozu, ostatní tvoří rezervu. Čerpadlo Д-12500-24 čerpá vodu dvěma potrubími DN 1 600 ze sací jímky do vodojemu surové vody objemem 10 tis. m³. Do potrubí před nádrží dávkuje plynný chlor, za účelem ochrany potrubí přivaděče před zarůstáním [3], [8], [9].



*Obr. 3.7 a 3.8. Čerpací stanice nulového zvednutí s čerpadly Д-12500-24
a Д-6300-27*

Taky v čerpací stanici nulového zvednutí je jedno čerpadlo Д-6300-27 (průtok čerpadla je 6 300 m³/h, dopravní výška čerpadla je 27 m), které dříve používali za účelem čerpaní vody do haly mikrosítových filtrů, které zajišťovaly předčištění surové vody v letním období, kdy dochází k výrazné eutrofizaci řeky Dnipro a zvětšení množství sinic a rozsivek ve vodním zdroji [3], [8], [9].

Hala mikrosítových filtrů (vyloučena z provozu)

Aktuálně mikrosítové filtry jsou demontovány (viz *Obr. 3.9 a 3.10.*), proto čerpadlo Д-6300-27 se ne používá. Kvůli neexistenci mikrosítových filtrů v areálu předúpravy vody neprobíhá třetí etapa odstraňování řas a fytoplanktonu a může docházet k sedimentaci znečištění v potrubích nebo k zarůstání přivaděče Dnipro-Mykolajiv v letním období. Sediment a zarůstání potrubí může ovlivňovat jejich hydraulické vlastnosti.



Obr. 3.9 a 3.10. Hala demontovaných mikrosítových filtrů

Vodojem surové vody

Po přečerpání a promíchání surové vody s plynným chlorem ve vodojemu surové vody před čerpací stanicí prvního zvednutí probíhá vysrážení oxidované organické hmoty a jiných znečišťujících látek přítomných ve vodě, kvůli tomu, že skoro celý systém předčištění vody je vyřazen z provozu.

Minimální kóta hladiny ve vodojemu surové vody je 16,5 m n.m. a maximální 21,1 m n.m. Objem vodojemu je 10 tis. m³. Rozměry nádrže jsou 48×48 m. Vodojem se dělí na dvě samostatné sekce objemem 5 tis. m³ každá za účelem údržby. Každá sekce vodojemu je opatřena přívodním a sacím potrubím i bezpečnostním přelivem [3], [8].

Čerpací stanice prvního zvednutí

Čerpací stanice prvního zvednutí (viz *Obr. 3.11 a 3.13*) čerpá vodu z vodojemu surové vody dvěma potrubími přivaděče Dnipro-Mykolajiv délky 73 km mimo vodojemy surové vody a zvyšovací stanici Cherson (jsou vyloučeny z provozu) na úpravnu vody

Ingulec. V čerpací stanici jsou 4 čerpadla Д-6300-80 a jedno čerpadlo Д-3200-75, z nich v provozu jsou dva čerpadla Д-6300-80 č. 1 a 3 (jsou modernější - rok výroby 1995) nebo jedno čerpadlo Д-6300-80-2 č. 2 (viz Obr. 3.12), které je opatřeno frekvenčním měničem, ostatní tvoří rezervu [3], [8], [9].



Obr. 3.11 a 3.12. Čerpací stanice prvního zvednutí a čerpadlo Д-6300-80-2 číslo 2

Kóta osy čerpadel je 17,5 m n.m. Za předpokladu provozu čerpadel č. 1 a 3 v čerpací stanici prvního zvednutí tlak vody v přivaděči za čerpadly stanoví 0,8064 MPa a průtok je 10 900 m³/h [3], [8], [9].

Podle charakteristiky výrobce čerpadla Д-6300-80 za průtoku 5 450 m³/h a průměru oběžného kola čerpadla 990 mm dopravní výška stanoví 84 m a účinnost soustrojí je 0,86 % [3], [8], [9].

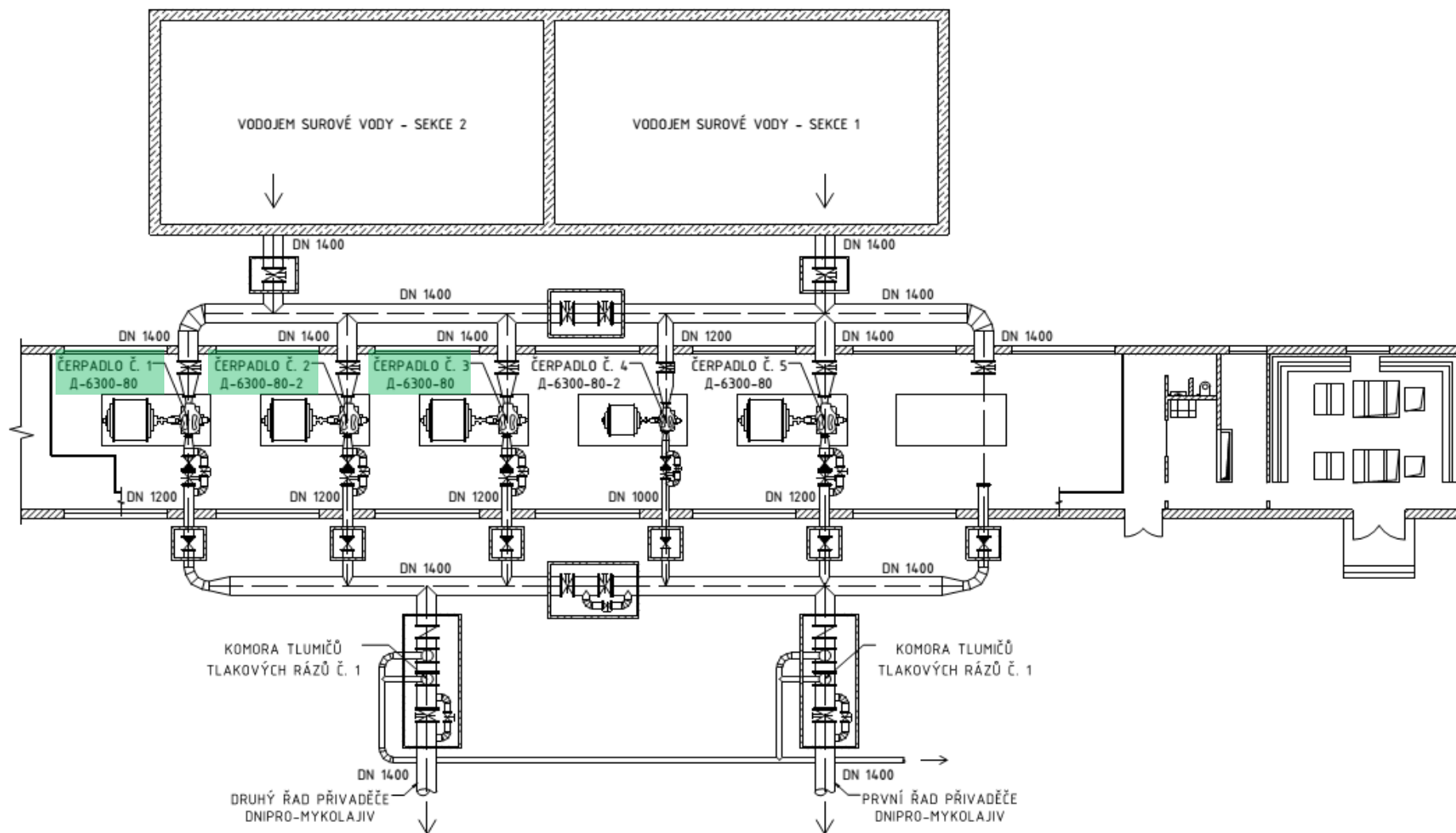
Tab. 3.1: Charakteristika čerpadel v čerpací stanici prvního zvednutí [8]

Číslo čerpadla	Druh čerpadla	Průtok, [m ³ .h ⁻¹]	Dopravní výška, [m]	Průměr oběžného kola, [mm]	Druh elektromotoru; Výkon	Účinnost soustrojí, [%]	Otáčky, [min ⁻¹]
1, 3	Д-6300-80	6300	80	990	СДН3-15-49-8У3 1600 kW	95,9	730
2, 5	Д-6300-80-2	5900	70	970	СДН3-15-49-8У3 1600 kW	95,9	730
4	Д-3200-75	3200	75	755	СДН-15-64-8У3 200 kW	96	980

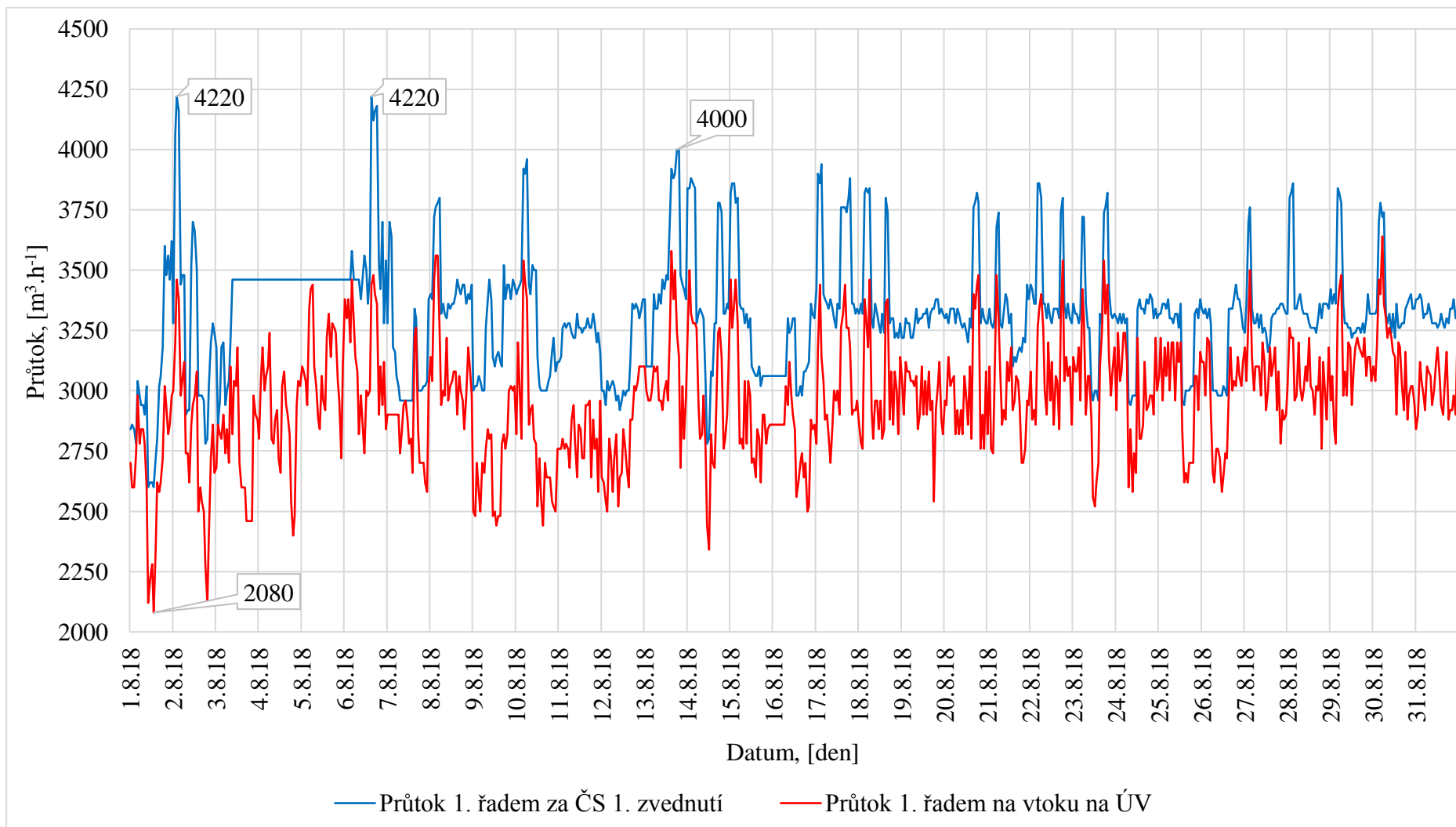
Tab. 3.2: Množství vody čerpané čerpací stanicí prvního zvednutí

Rok	Měsíc	Měsíční průtok, [tis. m ³ .měsíc ⁻¹]	Průměrný denní průtok, [tis. m ³ .den ⁻¹]	Průměrný hodinový průtok, [tis. m ³ .h ⁻¹]
2018	Srpen	4 948,15	159,62	6,65
	Září	4 024,08	134,14	5,59
2019	Květen	3 837,91	123,80	5,16
	Červen	4 364,92	145,50	6,06
	Červenec	4 656,01	150,19	6,26
	Srpen	4 505,89	145,35	6,06
	Září	4 104,03	136,80	5,70
2020	Květen	3 653,35	117,85	4,91
	Červen	3 898,07	129,94	5,41
	Červenec	4 830,111	155,81	6,49
	Srpen	3 615,75	150,66	6,28

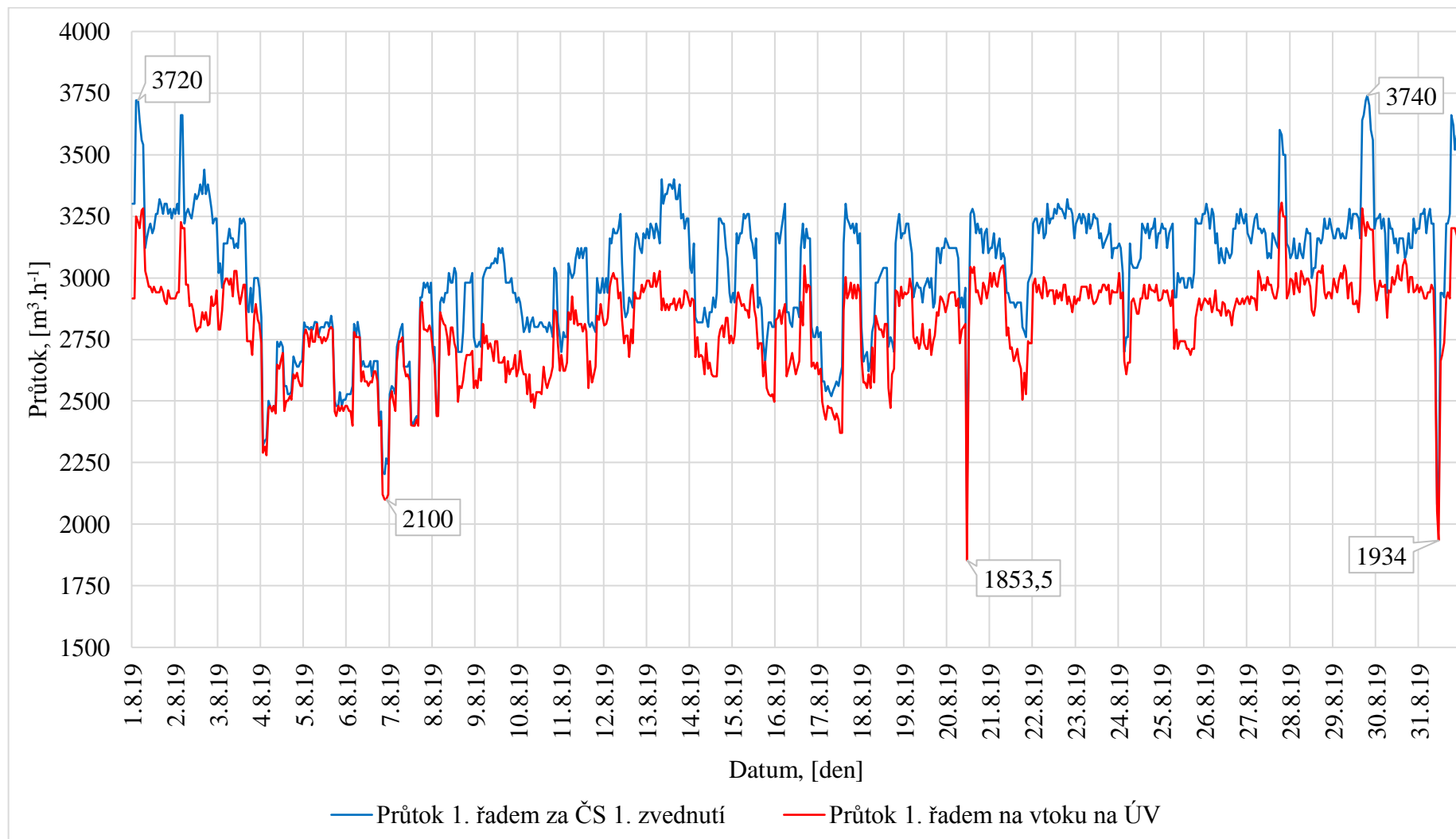
Od roku 2018 i do dnešní doby je vidět že potřeba a spotřeba vody městem Mykolajiv a soukromými zemědělskými podniky klesá (viz *Obr. 3.14 až 3.16*), takže s ohledem na statistické údaje a v porovnání s návrhovými průtoky z doby vytvoření projektu kapacita přivaděče v aktuální době je předimenzovaná.



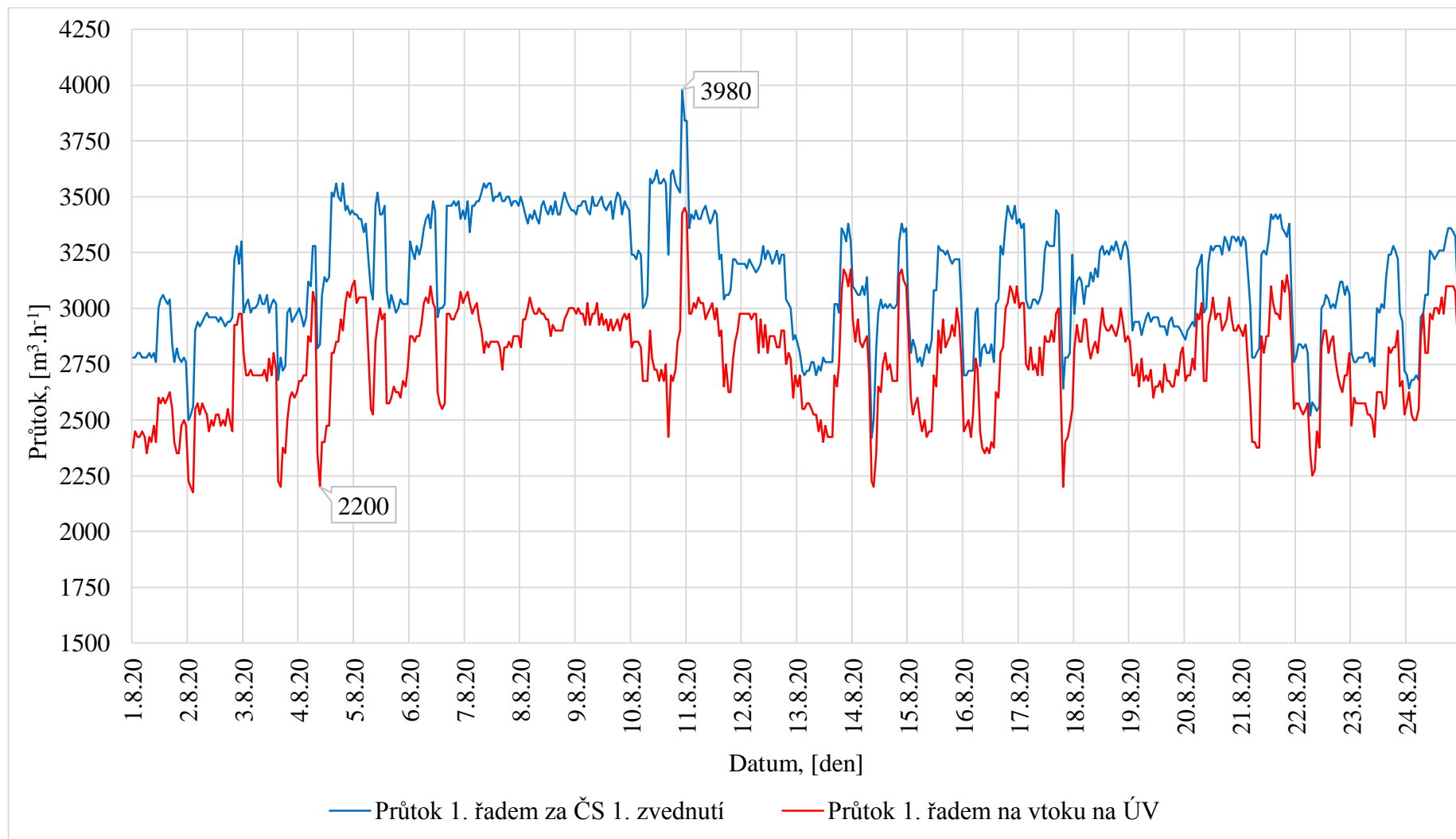
Obr. 3.13. Schéma čerpání surové vody čerpací stanicí prvního zvednutí do přivaděče Dnipro-Mykolajiv



Obr. 3.14. Průtoky prvním řadem přivaděče Dnipro-Mykolajiv za období srpen roku 2018



Obr. 3.15. Průtoky prvním řadem přivaděče Dnipro-Mykolajiv za období srpen roku 2019



Obr. 3.16. Průtoky prvním řadem přivaděče Dnipro-Mykolajiv za období srpen roku 2020

Zvyšovací stanice Cherson (vyloučena z provozu)

Areál zvyšovací stanice se nachází u města Cherson ve vzdálenosti 18,5 km od jímacího objektu u vesnice Mykil's'ké. V areálu stanice jsou dva vodojemy objemem 5 tis. m³ každý a chlorové hospodářství. [3].

Ve zvyšovací stanici jsou 6 soustav ze zdvojených čerpadel Д-3200-75 (průtok čerpadla je 3 200 m³/h, dopravní výška čerpadla je 75 m) (viz *Obr. 3.17 a 3.18*) pro zajištění návrhového průtoku. Za provozu třech čerpadel ze soustavy maximální možný průtok surové vody na úpravnu vody Ingulec je 270 tis. m³/den [3], [8], [9].

Po dobudování úseku druhého řadu přivaděče s délkou 90 m u města Cherson v roce 2002 a po propojení s prvním řadem zvyšovací stanice Cherson byla vyloučena ze schématu zásobování vodou města Mykolajeva, ale v případě potřeby může být znovu zprovozněna [1].

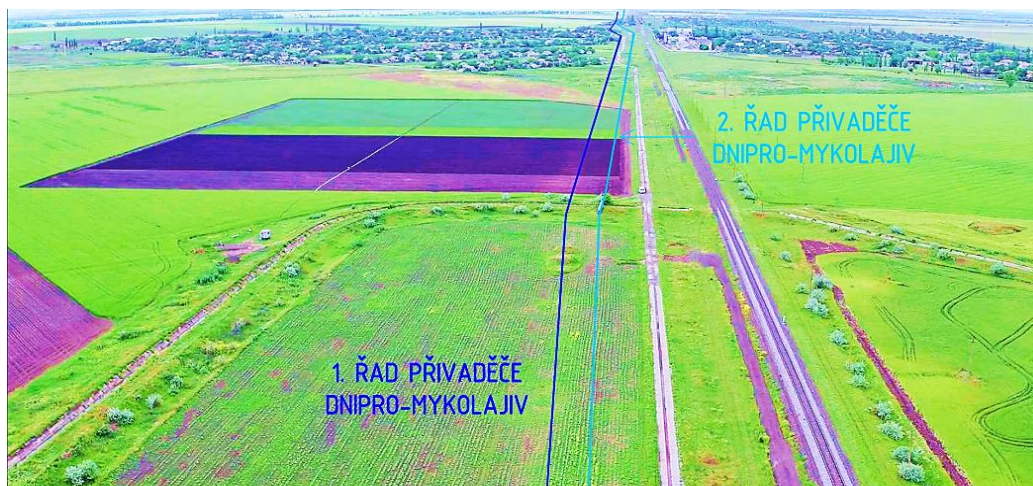


Obr. 3.17 a 3.18. Zvyšovací stanice Cherson a čerpadla Д-3200-75

Přivaděče Dnipro-Mykolajiv

Přivaděč surové vody od čerpací stanice prvního zvednutí do úpravně vody Ingulec délky 73 500 m, který je tvořen dvěma souběžnými řadami, (viz *Přílohy č. 1, č. 2, č. 4, č. 5, č. 6 a č.7*) byl navržen z ocelových trubek průměru 1 420×16 mm podle ГОСТ 10704-63. Návrhový průtok dvěma potrubími přivaděče je 280 tis. m³/den nebo 3,24 m³/s. Historicky přivaděč byl rozdělen na dva úseky [1], [4], [5], [6], [7]:

- prvním úsekem, který se skládal ze dvou ocelových potrubí průměru 1 420 mm délky 18,5 km, voda se čerpala čerpací stanicí prvního zvednutí do vodojemů u zvyšovací stanice Cherson. Soustava schopná zajistit průtok 440 tis. m³/den [4];
- druhým úsekem (viz *Obr. 3.19*), který se skládal ze dvou ocelových potrubí průměru 1 420 mm délky 54,0 km, voda se čerpala zvyšovací stanicí Cherson, která odebírala vodu ze dvou vodojemů, na první separační stupeň úpravně vody Ingulec u města Mykolajiv [5], [6], [7].



Obr. 3.19. Druhý úsek přivaděče Dnipro-Mykolajiv u vesnice Ševčenkove

Na prvním úseku, který leží mezi čerpací stanicí prvního zvednutí a zvyšovací stanicí Cherson, přivaděč je skoro souběžný se silnicí Cherson-Kerč a kříží se s řekou Ingulec, železnicemi a dálnicemi (viz Přílohy č. 1 a č. 2). Křížení s řekou Ingulec je tvořeno dvěma ocelovými shybkami průměru 1 420 mm. Dále přivaděč prochází u předměstí města Cherson, podél železnice a zavlažovacích kanálů, u okraje vesnice Muzykivka a kříží se s bývalou řekou Věrevčyná, pak prochází souběžně s železnicí Cherson-Mykolajiv do úpravny vody Ingulec. V okolí ÚV přivaděč je souběžný se zavlažovacím kanálem P-11 [4], [5], [6], [7].

Potrubí prvního a druhého řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv po celé délce od jímacího objektu až do úpravny vody Ingulec jsou souběžné. Maximální vzdálenost mezi potrubími přivaděče je 3 m. Minimální vzdálenost je určena šířkou lžice bagru + 0,4 m. Vzhledem k tomu, že přivaděč budovali za Sovětského svazu, šířka lžice byla přijata 1 200 mm, pro největší pasový bagr ЭО-4121 a minimální vzdálenost mezi trubními vedeními je 1 600 mm [3].

Vzhledem k tomu, že výstavba přivaděče probíhala na zavlažovaném území, výška krytí byla přijata 1,5 m (viz Přílohy č. 4, č. 5, č. 6 a č. 7) [3].

3.2 Materiál potrubí přivaděče

Trubky pro přivaděč byly vyrobeny v Bulharsku podle ГОСТ 10704-63 Elektricky svařované ocelové trubky s přímým švem z oceli platové třídy BSt3ps Nelegovaná ocel obvyklých jakostí (viz Obr. 3.20). Objemová hmotnost oceli použité k výrobě trubek ρ je 7 850 kg/m³. Chemické složení a mechanické vlastnosti oceli jsou uvedeny v tabulkách 3.1 a 3.2 [3], [11].

Tab. 3.3: Chemické složení v % pro platovou třídu BSt3ps [11]

C	Mn	Si	P	S	N	Ni
0,14-0,22	0,4-0,65	0,05-0,15	max 0,04	max. 0,05	max. 0,008	max. 0,3

Tab. 3.4: Mechanické vlastnosti při teplotě + 20 °C pro platovou třídu BSt3ps [11]

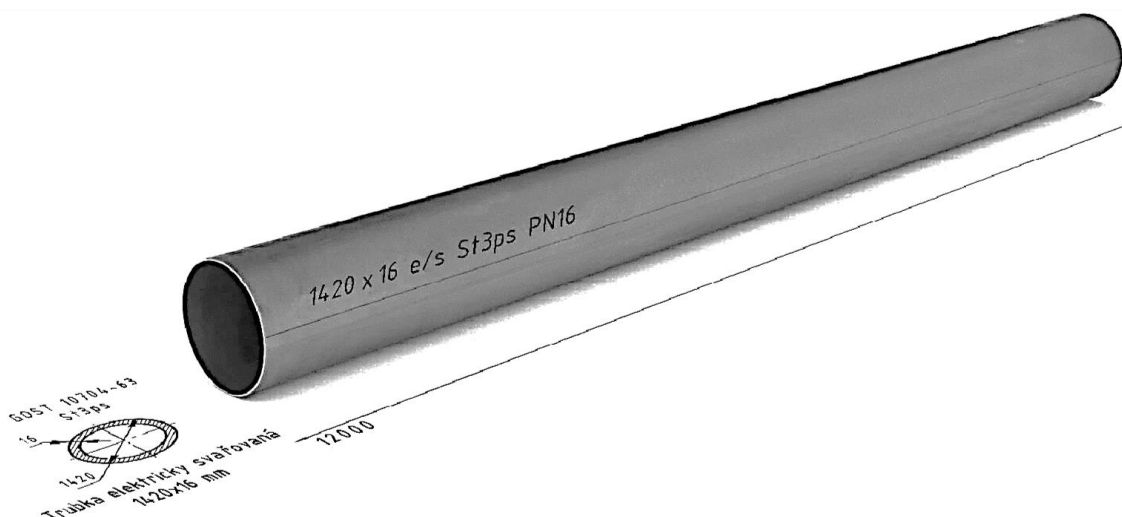
Parametr	σ_B	σ_T	δ_5	Tvrdość podle Brinella, HB.10 ⁻¹
Měřítko	MPa	MPa	%	MPa
Trubky ГОСТ 10704-63	372	225	22	131

kde:

σ_B – pevnost v tahu, [MPa];

σ_T – mez kluzu, [MPa];

δ_5 – tažnost, [%].



Obr. 3.20. Vzorová ocelová elektricky svařovaná trubka 1 420×16 mm PN 16 [11]

3.3 Objekty na přivaděči

Prvními objekty na přivaděči Dnipro-Mykolajiv, které se nachází těsně u čerpací stanice prvního zvednutí jsou tlumiče tlakových rázů. Kvůli tomu, že rozdíl kót mezi osou čerpadla a prvním nejvyšším bodem přivaděče je 36,8 m, v případě přerušení dodávky elektrického proudu nebo při náhlých změnách průtoků po nouzové odstavce čerpadla může docházet ke vzniku rázových vln v potrubích, proto tlumiče tlakových rázů jsou nezbytně nutné. Na každém řadu přivaděče jsou instalovány dva automatické tlumiče

tlakových rázů typu ГY-350 s pracovním tlakem 0,25 MPa (odlehčovací ventily) – jeden pracovní a jeden rezervní [3], [4], [5], [6], [7] (viz *Obr. 3.21 až 3.25*).



Obr. 3.21. Automatické tlumiče tlakových rázů typu ГY-350 na prvním řadu přivaděče



Obr. 3.22 a 3.23. Vystrojení komory tlumičů tlakových rázů č. 1



Obr. 3.24 a 3.25. Automatické tlumiče tlakových rázů typu ГY-350 na druhém řadu přivaděče

Po celé délce v různých místech přivaděč Dnipro-Mykolajiv se kříží s řekami, železnicemi, dálnicemi, silnicemi a zavlažovacími kanály (viz *Přílohy č. 1 a č. 2*) [3].

Podchody pod dálnicemi a železnicemi jsou provedeny v průchozích tunelech pro každý řad zvlášť za účelem zajištění možnosti rychlého zásahu v případě vzniku poruchy. Podchody pod zavlažovacími kanály jsou provedené protlakem a potrubí přivaděče je uloženo v železobetonových chráničkách průměru 2 000 mm (viz *Přílohy č. 1, č. 2, č. 4, č. 5, č. 6 a č. 7*) [3], [4], [5], [6], [7].

V některých místech křížení přivaděče s železnicemi, zavlažovacími kanály a úžlabinami je provedeno přemostěním [3], [4], [5], [6], [7] (viz *Obr. 3.26 až 3.43*).



Obr. 3.26. Přemostění prvního řadu přivaděče přes bývalou železnici u města Cherson



Obr. 3.27. Technologický nadchod druhého řadu nad prvním řadem u města Cherson



Obr. 3.28 a 3.29. Přemostění prvního řadu přivaděče přes železnici Cherson-Mykolajiv, silnici E-58, M-14, P-47 a přes žlab dešťové kanalizace u předměstí města Cherson



Obr. 3.30. Druhý řad přivaděče se kříží s železnicí Cherson-Mykolajiv a silnici E-58, M-14, P-47 u předměstí města Cherson podchodem. Za silnicí podchod přechází v přemostění přes žlab dešťové kanalizace

Obr. 3.31. Přemostění druhého řadu přes žlab dešťové kanalizace. Vzadu je vidět přemostění prvního řadu přes železnici Cherson-Mykolajiv a přes silnici E-58, M-14, P-47



Obr. 3.32, 3.33 a 3.34. Přemostění prvního a druhého řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv přes bývalou řeku Věrevčyná



Obr. 3.35. Přemostění prvního a druhého řadu přivaděče přes zavlažovací kanál P-4-2



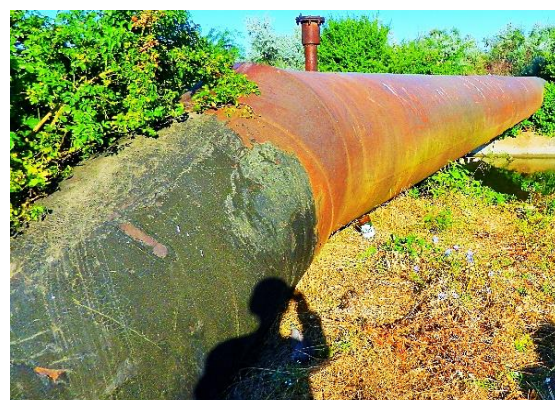
Obr. 3.36. Přemostění druhého řadu přivaděče přes zavlažovací kanál P-9



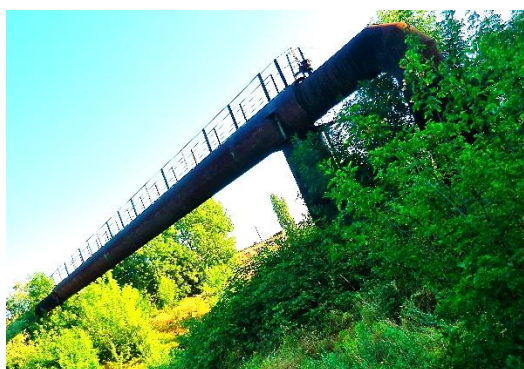
*Obr. 3.37, 3.38 a 3.39. Přemostění druhého a prvního řadu přivaděče
Dnipro-Mykolajiv přes Bilozerskou úžlabinu*



*Obr. 3.40. Přemostění druhého řadu
přivaděče přes zavlažovací kanál P-11*



*Obr. 3.41. Přemostění prvního řadu
přivaděče přes zavlažovací kanál P-11*



*Obr. 3.42. Přemostění druhého řadu
přivaděče přes železnici u úpravny
vody Ingulec*



*Obr. 3.43. Přemostění prvního řadu
přivaděče přes železnici u úpravny vody
Ingulec*

Podle СНиП 2.04.02-84* Vodárenství. Vnější sítě a stavby. přivaděč Dnipro-Mykolajiv byl zařazen do první třídy spolehlivosti, proto maximální přípustná doba oprav poruch na řadech průměru nad 800 mm má být do 24 hodin od chvíle vzniku

poruchy. S ohledem na nařízení SnіPCHиП 2.04.02-84* Vodárenství. Vnější sítě a stavby. za účelem dodržení přípustné doby trvání oprav poruch každý řad přivaděče byl rozdělen na opravárenské sekce pomocí sekčních litinových (viz Obr. 3.44 až 3.46) a ocelových šoupátek (viz Obr. 3.47 až 3.52) a uzavíracích klapek (viz Obr. 3.53 a 3.54) průměru od 1 000 do 1 400 mm instalovaných v armaturních šachtách (viz Přílohy č. 1, č. 2, č. 4, č. 5, č. 6 a č.7) [3], [4], [5], [6], [7].



Obr. 3.44. Sekční kovovětšníci litinové šoupátko DN 1 200 s nestoupajícím vřetenem v armaturní šachtě č. 10 na druhém řadu přivaděče

Obr. 3.45. Sekční kovovětšníci litinové šoupátko DN 1 200 s nestoupajícím vřetenem v armaturní šachtě č. 16 na prvním řadu přivaděče

Obr. 3.46. Sekční kovovětšníci litinové šoupátko DN 1 200 s nestoupajícím vřetenem v armaturní šachtě č. 34 na prvním řadu přivaděče



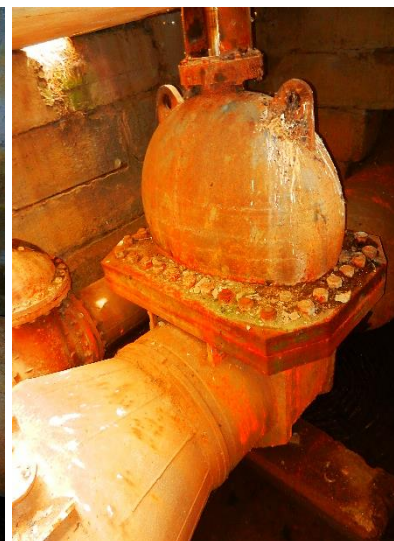
Obr. 3.47, 3.48 a 3.49. Sekční kovovětšníci ocelové šoupátko DN 1 000 se stoupajícím vřetenem s elektrickým servomotorem v armaturní šachtě č. 13 na prvním řadu přivaděče u zvyšovací stanice Cherson



Obr. 3.50. Sekční kovovětšníci ocelové šoupátko DN 1 000 se stoupajícím vřetenem a s bypassovým potrubím opatřeným litinovým šoupátkem DN 500 v armaturní šachtě č. 43 na prvním řadu přivaděče



Obr. 3.51. Sekční kovovětšníci ocelové šoupátko DN 1 200 se stoupajícím vřetenem v armaturní šachtě č. 48 na druhém řadu přivaděče



Obr. 3.52. Sekční kovovětšníci ocelové šoupátko DN 1 000 se stoupajícím vřetenem a s bypassovým potrubím opatřeným litinovým šoupátkem DN 500 v armaturní šachtě č. 52 na prvním řadu přivaděče

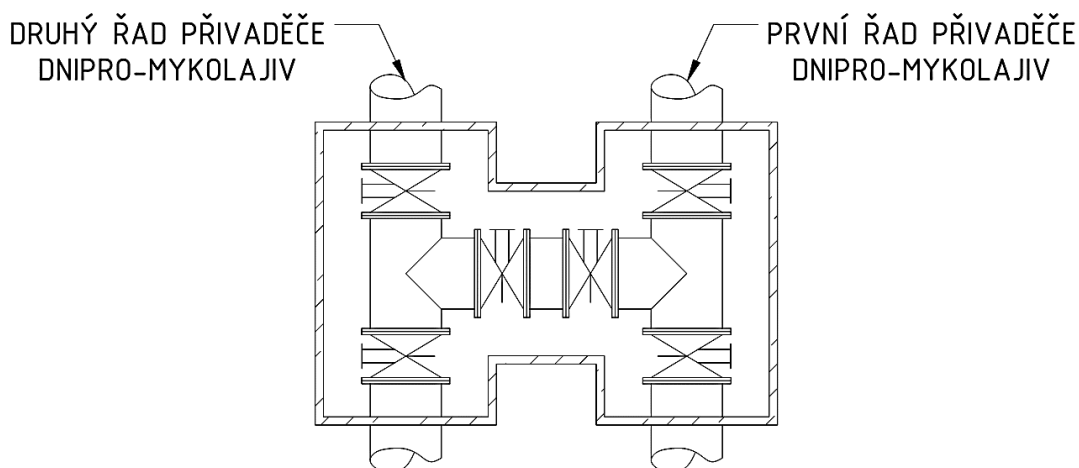


Obr. 3.53. Uzavírací klapka DN 1 200 s ovládání ručním kolem prostřednictvím čelního převodu v armaturní šachtě č. 58, 62 na druhém řadu přivaděče



Obr. 3.54. Uzavírací klapka DN 1 200 s ovládání ručním kolem prostřednictvím čelního převodu v armaturní šachtě č. 59, 60, 61 na prvním řadu přivaděče

V době budování druhého řadu opravárenské sekce prvního a druhého řadu byly propojené mezi sebou pomocí přepínacích komor (viz *Obr. 3.55 až 3.62*) aby v případě vzniku poruchy na jednom z řadů přivaděče existovala možnost uzavřít havarijný úsek a zajistit obtok sekce řadu s poruchou řadem, který zůstal v provozu. Takto navřená opatření by měly zajistit převedení 70 % návrhového průtoku jedním z řadů přivaděče, a i za předpokladu poklesu tlaku (viz *Přílohy č. 1 a č. 2*) [3], [4], [5], [6], [7].



Obr. 3.55. Schéma uspořádání přepínací komory na přivaděči Dnipro-Mykolajiv



Obr. 3.56. Přepínací komora č. 11, 12 s dvěma kovověšnicími ocelovými šoupátky DN 1 200 se stoupajícími vřeteny a s výpustí č. 4. DN 400 u vesnice Sadové



Obr. 3.57. Přepínací komora č. 17, 18 s dvěma kovověšnicími litinovými šoupátky DN 1 200 s nestoupajícími vřeteny



Obr. 3.58, 3.59 a 3.60. Přepínací komora č. 73, 74, 75, 76, 77, 78 s šesti kovovětšnicími litinovými šoupátky DN 1 400 s nestoupajícími vřeteny u dálnice E-58, M-14



Obr. 3.61. Přepínací komora č. 84, 86, 88 se třemi uzavíracími klapkami DN 1 200

Obr. 3.62. Přepínací komora č. 85, 87, 89 se třemi uzavíracími klapkami DN 1 200 a kompenzátorem

Oprávkové sekce v nejnižších bodech byly opatřeny výpusti (viz Obr. 3.63 až 3.65) za účelem proplachování nebo vyprazdňování potrubí před zahájením oprav [3].



Obr. 3.63. Výpust DN 250 č. 20 na prvním řadu přivaděče u řeky Věrevčyná

Obr. 3.64. Výpust DN 400 č. 79 na druhém řadu přivaděče

Obr. 3.65. Výpust DN 400 č. 80 na druhém řadu přivaděče

V nejvyšších bodech potrubí byly instalovány vzdušníky (viz *Obr. 3.66 a 3.67*) za účelem odvzdušňování a zavzdušňování trubních vedení během plnění/prázdňení [3].



Obr. 3.66. Vzdušník DN 100 v šachtě č. M1 na druhém řadu přivaděče



Obr. 3.67. Vzdušník DN 100 č. III' na přemostění prvního řadu přivaděče u úpravny vody Ingulec

Za účelem provádění udržovacích prací opravárenské sekce přivaděče byly opatřeny vstupními otvory průměru 1000 mm [3] (viz *Obr. 3.68 až 3.70*).



Obr. 3.68. Vstupní otvor v armaturní šachtě č. 15 na druhém řadu přivaděče



Obr. 3.69. Vstupní otvor v armaturní šachtě č. 30 na prvním řadu přivaděče



Obr. 3.70. Vstupní otvor v armaturní šachtě č. 63 na prvním řadu přivaděče

Na základě smluv společnost Mykolajivvodokanal zajišťuje zásobování surovou vodou farmářů za účelem zavlažování soukromých polí z přivaděče Dnipro-Mykolajiv,

proto na přivaděči jsou přípojky opatřené průtokoměry (viz *Přílohy č. 1 a č. 2 č. 4, č. 5, č. 6 a č. 7*) (viz *Obr. 3.71*).



Obr. 3.71. Přípojka DN 100 soukromého farmářského podniku Artemová k prvnímu řadu přivaděče u vesnice Sadové

3.4 Posouzení technického stavu přivaděče

Po vypuštění v roce 2006 vodní nádrže Žovtnevá jediným zdrojem vody pro město Mykolajiv zůstal přivaděč surové vody Dnipro-Mykolajiv a prvním problémem, který zasáhl přivaděč stalo narůstání množství poruch na prvním řadu přívodního potrubí, které bylo uvedené do provozu v roce 1980. Od té doby i do roku 2006 první řad už byl v provozu skoro 25 let a doba životnosti ocelových trubek podle výrobce je od 20 do 25 let, proto doba použitelnosti tohoto přivaděče uplynula. To se ukázalo poprvé 15 srpna roku 2007, kdy masivně praskl první řad přívodního potrubí a opravy trvali skoro 2 dny. Tehdy město muselo omezit dodávku vody obyvatelstvu, protože druhý řad nedokázal zajistit potřebné množství surové vody pro úpravnu vody Ingulec a kvůli tomu zásoby pitné vody ve vodojemech města byly skoro vyčerpány [2], [3].

Stejně velká porucha se na prvním řadu stala 5. června roku 2013 u vesnice Myrné. Příčinou poruchy byla rozsáhlá koroze svaru v místě sběrače vzduchu k rouře prvního řadu přivaděče.

3. 5. 2018 potřetí prasklo potrubí u vesnice Myrné (viz *Obr. 3.72 a 3.75*). a opraváři zaznamenali, že úsek potrubí délky cca 300 m prvního řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv je v kritickém stavu a vyžaduje neodkladné rekonstrukce. Do dnešního dne skoro den přes den provozní přivaděče Dněpr-Nikolajev vyjíždějí na likvidaci poruch na prvním řadu v okolí vesnice Myrné. Od května roku 2018 a do dnešní doby na prvním řadu v okolí vesnic Myrné a Ševčenkove vzniklo více než 90 nepatrných a masivních úniků vody (viz *Obr. 3.76 a 3.77*).



*Obr. 3.72, 3.73, 3.74 a 3.75. Likvidace úniku vody 03. 5. 2018 na prvním řadu
přivaděče Dnipro-Mykolajiv u vesnice Myrné [2]*



*Obr. 3.76 a 3.77. Likvidace úniků vody 27. 7. 2018 na prvním řadu přivaděče
Dnipro-Mykolajiv na úsecích v okolí vesnice Myrné a 03. 8. 2019 v okolí vesnice
Ševčenkové [2]*

S přihlédnutím k tomu, že skoro veškeré potrubí je uloženo v polích, v případě havárie dochází zaplavení velkých ploch vodou z přivaděče, a to způsobí velké potíže pro opravárenské skupiny, které se k místu poruchy nemohou dostat (viz *Obr. 3.78 až 3.83*). Před začátkem oprav je nutné vybagrovat jámu v místě poruchy, ale kvůli tomu, že vodárny mají zastaralé kolové bagry, tyto nemůžou přijet k místu poruchy kvůli rozsáhlému blátu. Proto teď v případě oprav poruch vodárny musí uzavřít jeden z úseků přivaděče, aby hladina vody v místě poruchy klesla a půda vyschla a umožnila průjezd.



*Obr. 3.78, 3.79, 3.80 a 3.81. Likvidace úniku vody na prvním řadu přivaděče
Dnipro-Mykolajiv 07. 9. 2018 na úseku mezi vesnicí Myrné a dálnicí E-58, M-14 [2]*



*Obr. 3.82 a 3.83. Zaplavená pole v okolí vesnice Myrné, kvůli únikům vody na prvním
řadu přivaděče 12. 2. 2019 a 08. 3. 2019 [2]*

Typickými jsou úniky vody v místech svarů potrubí a podél švů trubek v důsledku koroze. V poslední době dochází ke vzniku fistul v spodní části potrubí (viz *Obr. 3.84 až 3.89*). Při diagnostice tohoto typu poruch byly zjištěny většinou poruchy charakteru bodové a důlkové koroze způsobené s největší pravděpodobností bludnými proudy nebo výskytem podzemní vody v okolí vesnic Myrné a Ševčenkové, která vykazuje agresivitu vůči oceli. Takže nejvíce poruch vzniká na úseku délky cca 300 m prvního řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv za protlakem pod železnicí Cherson-Mykolajiv u vesnice Myrné v Bílozers'kém rajónu Cherson'ské oblasti.



Obr. 3.84, 3.85, 3.86, 3.87, 3.88 a 3.89. Poškození důlkovou korozí se vznikem fistul na úseku délky 300 m prvního řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv u vesnice Myrné

Problém se zvětšením počtu poruch a rozsáhlou korozí spodní části potrubí prvního řadu přivaděče je přímo závislý na ochraně potrubí proti korozi. Podle průzkumu, který byl proveden po celé trati přivaděče bylo zjištěno [3]:

- korozní aktivita půd v okolí přivaděče podle měření odporu v hloubce uložení potrubí je „nízká“ až „vysoká“. Poměrný odpor půd je 20 až 80 OHM.m;
- korozní aktivita půd podle chemického rozboru je „nízká“. Celková tvrdost vodních výtažků z podzemní vody svědčí o vysoké korozní aktivitě prostředí vůči oceli;
- chemické složení půd podle dat laboratorních zkoušek svědčí o možnosti vzniku elektrochemické koroze vnějšího povrchu potrubí;
- střídavé zavlažování a vysychání zavlažovaného území zvětšuje nebezpečí vzniku koroze;
- čerpaná voda z řeky Dnipro nevykazuje agresivitu vůči materiálu potrubí.

S ohledem na provedený průzkum projektem bylo předepsáno vytvoření aktivní a pasivní ochrany vůči elektrochemické korozi. Jako pasivní ochrana po celé délce potrubí byla vytvořena zesílená bitumenová izolace pro první řad a polyetylenová izolace pro druhý řad přivaděče. V místech křížení se železnicemi potrubí bylo uloženo v chráničkách a elektricky izolováno vůči kolejistům. Taky projektem bylo nařízeno vytvoření elektrospojnic ve všech armaturních šachtách, na vstupu a výstupu z čerpacích stanic potrubí by měly mít elektroizolované přírubové spoje, sekční úseky přivaděče by měly být spojeny bočníkovými spojnicemi a za účelem kontroly účinnosti pasivní ochrany po celém přivaděči by měli být postaveny kontrolně-měřicí stanice, ale tyto položky nebyly provedeny.

Projektem byla předepsána aktivní katodická ochrana přivaděče. Celkem bylo postaveno 11 stanic katodické ochrany K3-10 (3 stanice v areálech čerpacích stanic a úpravny vody a 8 stanic podél přivaděče) s účinností do vzdálenosti 10 km, které byly napojeny na nízkoproudové elektrické síti vesnic a železnic. Anodové uzemnění bylo tvořeno z ocelově-křemíkových elektrod ЭЖК-12 KAM.

Aktuálně systém katodické aktivní protikorozní ochrany přivaděče po dlouhé době provozu zastaral a zbořil se a taky se ukázalo to, že bitumenová izolace vnějšího povrchu potrubí po 10–12 letech provozu byla skoro zničena (viz *Obr. 3.90 až 3.93*), protože se proměnila na křehkou porézní hmotu a po 20 letech porozita byla až 60 %, což již nezajišťovalo ochranu stěn potrubí vůči bludným proudům a důlkové korozi.



*Obr. 3.90, 3.91, 3.92 a 3.93. Stav bitumenové izolace potrubí prvního řadu přivaděče
Dnipro-Mykolajiv na úseku v okolí vesnice Myrné*

Kvůli obrovské délce přivaděče nelze bylo zanedbat tepelnou roztažností oceli, proto na přivaděči jsou kompenzátory [3]. Na samotných kompenzátorech taky často vznikají úniky vody z potrubí, kvůli netěsnostem (viz *Obr. 3.94 a 3.95*). K netěsnostem v kompenzátorech dochází kvůli stáří a opotřebování ucpávek.



Obr. 3.94, 3.95. Úniky vody z kompenzátorů na prvním a druhém řadu přivaděče [2]

K ohrožení a zhoršení technického stavu přivaděče Dnipro-Mykolajiv přispívají a i zločinci. V lednu roku 2012 ničiteli zkusili ukradnout část samotného potrubí. Protože potrubí leží v hloubce od 2 do 4 m pod zemským povrchem, myslivci za kovy použili bagr a pomoci autogenní řezačky zkusili uřezat část přivaděče, ale kvůli vysokému tlaku jim se to nepodařilo, proto zloděje zatloukli do poškozeného místa dřevěný kolík a utekli.

Taky zloději se podělili na krádežích vzdušníků ze vzdušниковých šachet a přemostění potrubí. Zločinci vstupují do vzdušnikových šachet, uzavírají pojistná šoupátka v místech připojení vzdušníku k trubkám a odšroubují samotný odvzdušňovací ventil od příruby šoupátka, pak ten odnesou na sběrný dvůr kovového šrotu a prodají to důležité zařízení jako kus železa za nějaké drobné peníze.

Aktuálně po celé délce přivaděče chybí 90 % odvzdušňovacích ventilů, proto celý přivaděč je ohrožen možností vzniku tlakový rázů nebo podtlaku v případě vypouštění některé ze sekci řad přivaděče. Kvůli absenci odvzdušňování se snižuje kapacita přivaděče, protože zhruba 5 až 10 % profilu potrubí je zavzdušněno (viz *Obr. 3.96 až 3.101*).



Obr. 3.96. Absence vzdušníku ve vzdušnikové šachtě č. Ж2 na prvním řadu přivaděče



Obr. 3.97. Absence vzdušníku ve vzdušnikové šachtě č. E2' na druhém řadu přivaděče



Obr. 3.98. Absence vzdušníku ve vzdušnikové šachtě č. A2' na druhém řadu přivaděče



Obr. 3.99. Absence vzdušníku č. A2' na přemostění prvního řadu přivaděče přes Bilozerskou úžlabinu



Obr. 3.100. Absence vzdušníků č. П1 a П2 na přemostění prvního a druhého řadu přivaděče přes zavlažovací kanál P-4-2



Obr. 3.101. Absence vzdušníku Ж2' na přemostění prvního řadu přivaděče přes zavlažovací kanál P-11

Myslivci za kovy často pronikají taky do přepínacích komor a armaturních šachet a kradou šrouby, ruční kola ovládání čelních převodů uzavíracích klapek a ruční kola menších šoupátek a taky rozebírají samotné čelní převody (viz *Obr. 3.102 až 3.109*). Tak 7 února roku 2012 zloději poškodili nosník a těleso šoupátka DN 600 na jedné z výpustí přivaděče, kvůli čemu došlo k velkému úniku vody.

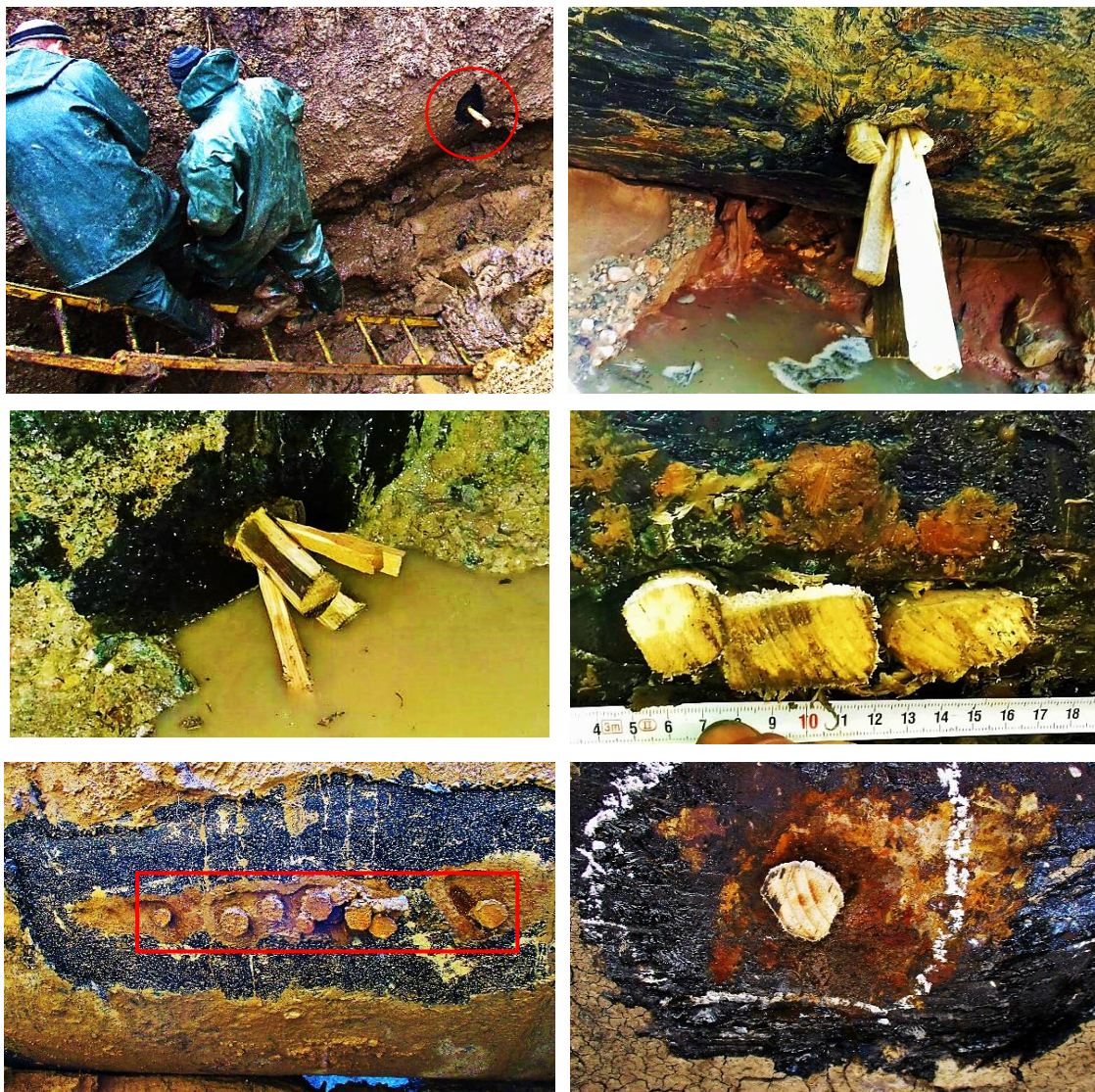


Obr. 3.102, 3.103, 3.104, 3.105, 3.106. Rozebrané čelní převodovky šoupátek přivaděče



Obr. 3.107, 3.108 a 3.109. Rozebrané čelní převodovky uzavíracích klapek přivaděče

Podle projektu každé šoupátko a každá uzavírací klapka by měla být opatřena elektrickým servomotorem a ovládání uzavíracích armatur by mělo být pomocí napojení servomotoru na mobilní elektrocentrálu, ale kvůli tomu, že čelní převodovky a elektropohony byly ukradeny, uzavírání/otevírání armatur aktuálně probíhá ručně, což v případě masivního úniku vody snižuje spolehlivost odstavení havarijní sekce a snížení ztrát vody. Z toho důvodu opraváři často nemůžou úplně uzavřít nebo vypustit havarijní úsek potrubí a pracují pod tlakem vody. V těchto případech oprava probíhá pomocí dřevěných kolíků, které vodoinstalatéři zatlačí těžkým kladivem do tělesa potrubí a tím únik zastaví (viz *Obr. 3.110 až 3.115*). Po nasáknutí kolíků vodou ty se nabobtnají a utěsní fistuly [3].



Obr. 3.110, 3.111, 3.112, 3.113, 3.114 a 3.115. Zastavení úniků vody z úseku délky 300 m prvního řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv u vesnice Myrné pomocí dřevěných kolíků zatlačených do tělesa trubek [2]

Když je únik zastaven, po dvou dnech opraváři uříznou pilou část dřevěného kolíku, aby ten nepřekážel samotným opravám potrubí a opraví rouru přivaděče zvnějšku pomocí tzv. „kastrolů“ (viz Obr. 3.116 až 3.119) nebo záslepek a šroubů s maticemi (viz Obr. 3.120 až 3.123), které přivaří k tělesu trubky ručním obloukovým svařováním nebo zataví obalenou elektrodou místa, kde mohou v budoucnu vznikat fistuly (viz Obr. 3.124 až 3.127). Po zatlačení kolíků má uplynout minimálně dva dny, protože když kolík není nabobtnaný a kvalitně netěsní fistulu, tak po zahájení přivařování záslepky unikající voda bude překážet svářečovi a spoj nebude kvalitní, nebo může dojít k odstřelu dřevěného kolíku z tělesa trubky a znovuoobnovení úniku, kvůli tepelnému rozšiřování oceli v průběhu přivařování záslepky.



Obr. 3.116, 3.117, 3.118 a 3.119. Opravy úseku prvního řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv u vesnice Myrné pomocí přivařování tzv. „kastroľů“ k tělesu potrubí



Obr. 3.120, 3.121, 3.122 a 3.123. Opravy úseku 1. řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv v okolí vesnice Myrné pomocí přivařování zásepek a šroubů k tělesu potrubí



Obr. 3.124, 3.125, 3.126 a 3.127. Zatavení obalenou elektrodou míst, kde můžou vznikat fistuly na úseku potrubí délky 300 m prvního řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv u vesnic Myrné [2]

V době výstavby přivaděče Dnipro-Mykolajiv pro zajištění příjezdu k potrubím v polích byla postavena inspekční komunikace délky 22 km ze silničních panelů uložených podél potrubí. Účelem inspekční komunikace je umožnění příjezdu k přivaděči pro opravy a údržbu. V posledních letech dochází ke krádežím těchto panelů neznámými osobami (viz *Obr. 3.128*), kvůli čemuž je znemožněn příjezd strojů k místům oprav. V současné době jsou ukradeny cca 470 silničních panelů a je to cca 700 m cesty (viz *Obr. 3.129 až 3.133*).



Obr. 3.128. Stroje zlodějů na místě krádeže silničních panelů inspekční komunikace [2]



Obr. 3.129, 3.130, 3.131, 3.132 a 3.133. Aktuální stav inspekční komunikace podél přivaděče Dnipro-Mykolajiv

V roce 2011 v průběhu rekonstrukce dálnice E-58, M-14 proběhla rekonstrukce úseku přivaděče se staničením 58,13 km až 58,27 km (viz Obr. 3.134). Rekonstrukce této části zahrnovala výstavbu dvou přepínacích komor a tunelu délky 72 m pod dálnicí, montáž nových uzavíracích klapek a výměnu dvou úseků potrubí délky 252 m prvního a druhého řadu přivaděče.



Obr. 3.134. Výstavba přepínací komory a výměna úseků přivaděče v průběhu rekonstrukce dálnice E-58, M-14 [2]

Díky tomu, že projekční firma připravuje projekt z obnovy odvodňovacího systému na přivaděči, od začátku roku 2020 na obou řadech aktivně probíhají opravy míst připojení vzdušníků ve vzdušnickových šachtách. Probíhá výměna havarijních sběračů

vzduchu a uzavíracích armatur (viz *Obr. 3.135 až 3.140*). Celkem je opraveno blízko 30 vzdušnickových šachet, které jsou připraveny na instalaci nových odvzdušňovacích ventilů. Taky podle dlouhodobých plánů Mykolajivvodokanalů se připravuje projekt instalace tlakových čidel s dálkovým přenosem dat a signalizačního systému, jako ochrany zařízení proti krádežím a poškozením cizími lidmi.



Obr. 3.135, 3.136, 3.137, 3.138, 3.139 a 3.140. Výměna sběračů vzduchu a šoupátek ve vzdušnickových šachtách [2]

Závěrem posouzení technického stavu přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv jsou následující body:

- Úsek prvního řadu přivaděče délky 300 m u vesnice Myrné je poškozen rozsáhlou důlkovou korozí a vyžaduje neodkladnou rekonstrukci;
- Celkový stav přivaděče je uspokojivý;
- Je nutná výměna kovovětnících šoupátek za měkotěsnící za účelem zajištění spolehlivého odstavení sekcí přivaděče v případě vzniku poruchy;
- Je nutná obnova odvzdušňovacího systému po celé délce přivaděče.

Taky hodnocení technického stavu prvního a druhého řadu přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv provedeno pomocí programu „TEA Water Technický audit vodovodů“ (viz *Přílohy č. 8 a č. 9*).

3.5 Technologie rekonstrukce ocelových potrubí

V současné době ve světě existují různé technologie sloužící k obnově celistvosti ocelových potrubí. Vzhledem k tomu, že plánovaná rekonstrukce přivaděče bude probíhat na Ukrajině, proto v této kapitole budou nejdříve znázorněny metody obnovy, které se aktuálně používají na Ukrajině a pak ostatní existující technologie vhodné k použití. Předpokládá se provedení rekonstrukce bez zapojení zahraničních dodavatelů a zhotovitelů, kvůli omezeným finančním možnostem zákazníka – komunální společnosti Mykolajivvodokanal.

Tab. 3.5: Srovnávací ukazatele metod bezvýkopové sanace pro vodovodní síť [12]

Technické a provozní ukazatele	Cementace vnitřního povrchu	Metoda Relining (bez trhání)	Metoda Swagelling	Rukávcový relining
1	2	3	4	6
Rozsah průměrů, [mm]	80-2 200	100-1 620	80-1 420	100-1 500
Maximální délka opravovaného úseku, [m]	180	700	300	300
Druhy poškození (vady)	Malé trhliny, koroze, obrus	Jakékoliv poškození	Jakékoliv poškození	Velké praskliny, odštěpení, malé deformace průřezu
Materiál krycí vrstvy	Cementační směs	PP, PVC, PE-HD	PE	Kompozit na základě polyesterových nebo epoxidových pryskyřic
Tepelná odolnost, [°C]	Bez omezení	45	50	70
Požadavky na přípravu vnitřního povrchu potrubí	Čištění škrabky a kamerový průzkum	Čištění škrabky a kamerový průzkum	Čištění škrabky a kamerový průzkum	Čištění škrabky a kamerový průzkum
Minimální montážní otvor	Poklop šachty	Poklop šachty	Poklop šachty	Poklop šachty

Životnost opravného povlaku, roky: - předpověď - skutečnost	30 více než 20	50 více než 30	50 více než 30	50 více než 20
Ztráta průměru potrubí po opravách, %	5-10	10-15	3-5	3-5
Potřeba tlakových zkoušek	Není	Není	Není	Není

3.5.1 Bezvýkopová metoda RELINING (bez trhání)

Bezvýkopová technologie RELINING je nejjednodušším, nejlevnějším a nejpoužívanějším způsobem sanace stávajících vodovodních řadů z různých materiálů na Ukrajině. Technologie spočívá v zatahování PE potrubí s vnějším průměrem menším, než je vnitřní průměr stávajícího potrubí. Průměr obnovovaného potrubí by měl být větší o 40 mm od tažené trubky. Metoda je používána při sanaci potrubí, která jsou kapacitně předimenzována.

Před sanací potrubí je potřeba připravit výkop na počátku a na konci úseků a v lomových bodech. Ve všech jámách jsou poté provedeny výřezy potrubí a úpravy zakončení původních ocelových trub tak, aby při vtahování nemohlo dojít k poškrábání potrubí o ostré hrany (viz *Obr. 141*). Výkop na jedné straně úseku musí mít dostatečné rozměry, aby bylo možné potrubí svařené v délce celého úseku vtáhnout do stávajícího potrubí nebo vtahování se provádí postupně po vložení každého kusu potrubí do výkopu a jeho spojení s již vtaženým potrubím [13].



Obr. 3.141. Výkop na počátku opravovaného úseku a výřez potrubí [26]

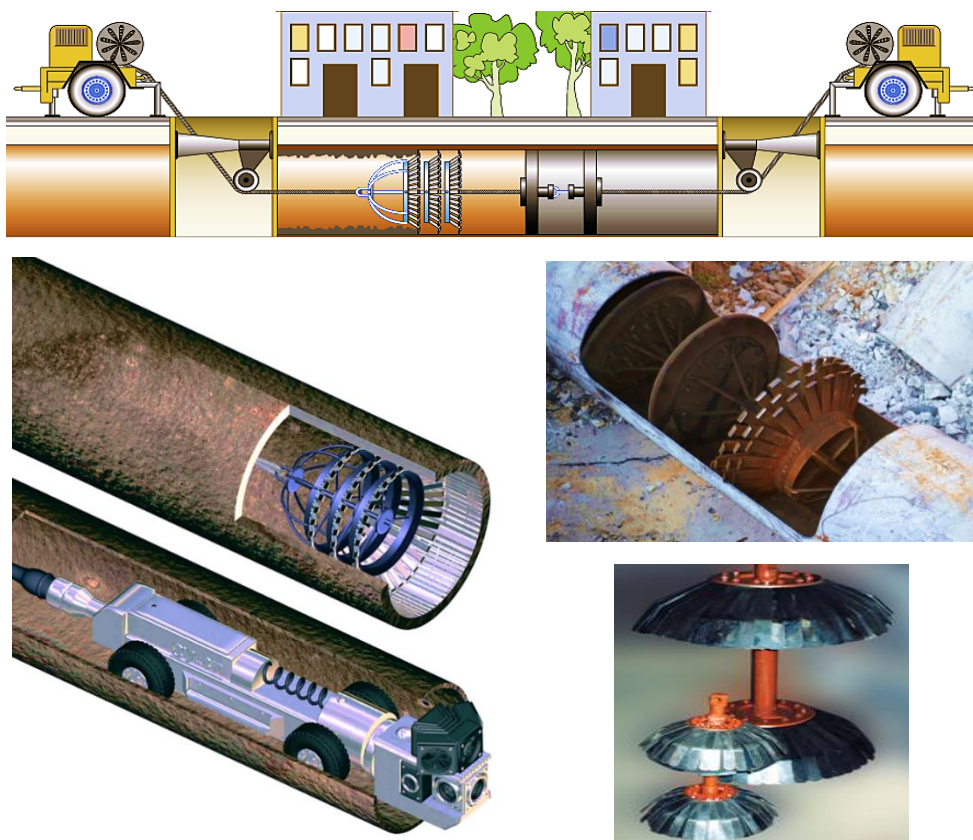
Staré potrubí vykazuje kvůli inkrustaci neprůchodnost, proto je třeba potrubí vyčistit či v daném místě otevřít. Před zahájením čištění potrubí je prováděn kamerový

průzkum, který má za úkol zjistit, jestli je úsek přímý bez lomů a jestli se v potrubí nenachází překážky, které by mohly vést k zaseknutí čistících kusů. Průchodnost nového potrubí lomovým bodem závisí na rozdílu mezi průměrem stávajícího a nového potrubí a obvykle se pohybuje mezi 3 až 7 stupňů. Čištění potrubí je prováděno strojem pro řízené horizontální vrtání, strojem pro hydraulický protlak nebo tažným vrátkem a škrabky [13].

Škrabky se používají především na čištění vodovodních potrubí. Každá škrabka je uzpůsobena na konkrétní dimenzi. Škrabka je složena z malých škrabacích nástrojů, které jsou umístěny po celém obvodu, takže rotační pohyb není potřebný. Touto metodou lze čistit úseky až 600 m dlouhé [13].

Škrabka se dvěma stíracími talíři je připevněna na ocelové lano nebo jiné tažné zařízení a opakovaně protahována skrz potrubí. Proces se opakuje, dokud se vytahují suť a kaly (viz *Obr. 3.142 až 3.145*). Během čištění jsou odstraněny inkrusty i rez a jsou obroušeny i svary vystupující do vnitřního profilu potrubí. Pro přivaděč Dnipro-Mykolajiv čištění před rekonstrukcí je velice důležité, protože ve vnitřním profilu potrubí je velké množství dřevěných kolíků vystupujících z tělesa trubek [14], [15].

Kvalita čištění je kontrolována kamerou [13].



Obr. 3.142, 3.143, 3.144 a 3.145. Čištění potrubí pomocí čistících kusů a kamerový průzkum po čištění [26]

Pak je přistoupeno k vtahování nového potrubí. Délky zatahovaných úseků se pohybují do 300 m podle místních podmínek, druhu a profilu zatahovaného potrubí, ale v ideálních podmínkách lze zatahovat úseky dlouhé až do 700 m. Druhy potrubí, které se dají pro tento druh bezvýkopové sanace použít, jsou [16]:

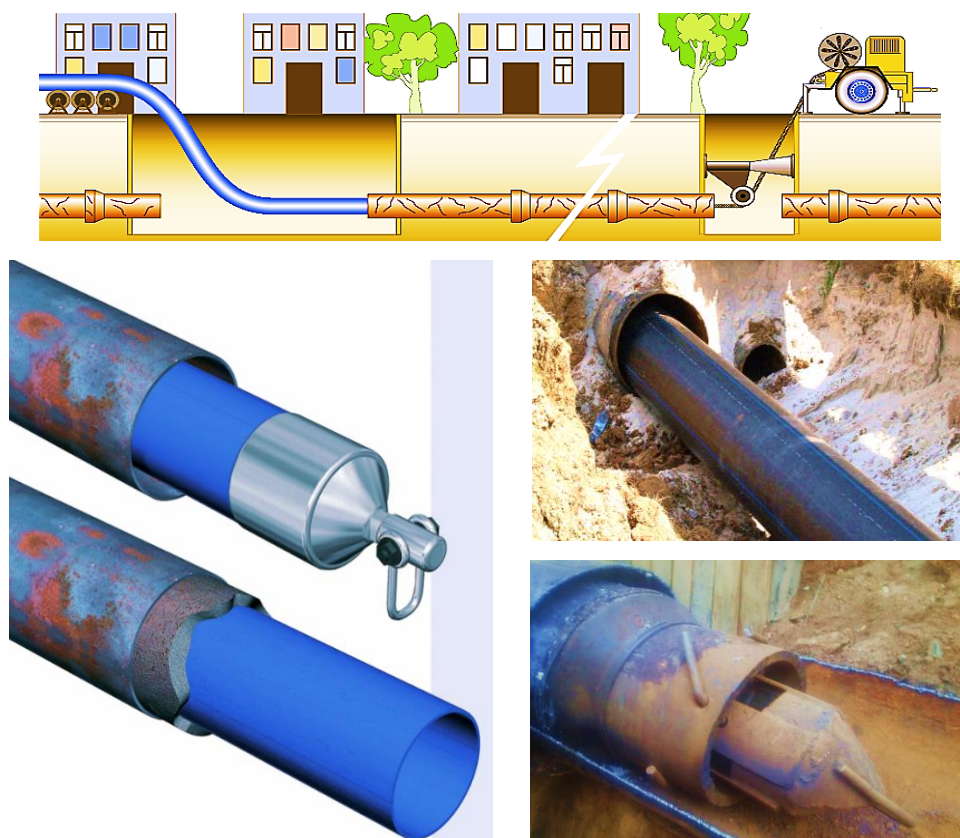
- PE-HD s ochranným pláštěm (svařované spoje nebo elektrospojky);
- PE-HD bez ochranného pláště (svařované spoje nebo elektrospojky).

Jednotlivé trouby z PE jsou metodou „na tupo“ svařeny do tzv. svařence požadované délky [16].

Nabízejí se tři typy řešení vtahování a to vtažení pomocí stroje pro řízení horizontální vrtání a jeho vrtných tyčí, použití stroje pro hydraulický protlak nebo použití tažný vrátek a ocelového lana [16] (viz *Obr. 3.146 až 3.149*).

Po vtažení jednotlivých úseků jsou provedeny propoje potrubí a montáž armatur. K propojení jednotlivých sanačních úseků se používají elektrotvarovky. Mezikruží v koncích původního potrubí je vyplněno polyuretanovou pěnou [16] (viz *Obr. 3.147*).

Přestože dojde ke zmenšení průtočného profilu, nedojde díky hladkosti vnitřního povrchu zataženého potrubí k výraznému zhoršení hydraulických podmínek [16].



Obr. 3.146, 3.147, 3.148 a 3.149. Vtahování nového potrubí a vyplnění mezikruží v koncích původního potrubí polyuretanovou pěnou [26]

Výhody reliningu [16]:

- nízké náklady na sanaci potrubí;
- rychlost provedení;
- dostupnost metody;
- možnost oprav úseků v délkách až 700 m.

Nevýhody reliningu [16]:

- snížení průtočného profilu potrubí;
- v místech oblouků nebo kolen potrubí musí být provedeny výkopy;
- místo, kde je vtahováno potrubí, vyžaduje rozměrný výkop.

Jedním z možných dodavatelů rekonstrukce přivaděče Dnipro-Mykolajiv je společnost Centrům technologií ViK se sídlem ve městě Mykolajiv. Společnost nabízí sanace potrubí metodou reliningu a má velké zkušenosti v tomto směru. Centrům technologií ViK je nejvýznamnějším dodavatelem výstavby a rekonstrukce vodárenských objektů v Mykolajevu a taky na jihu Ukrajiny [17].

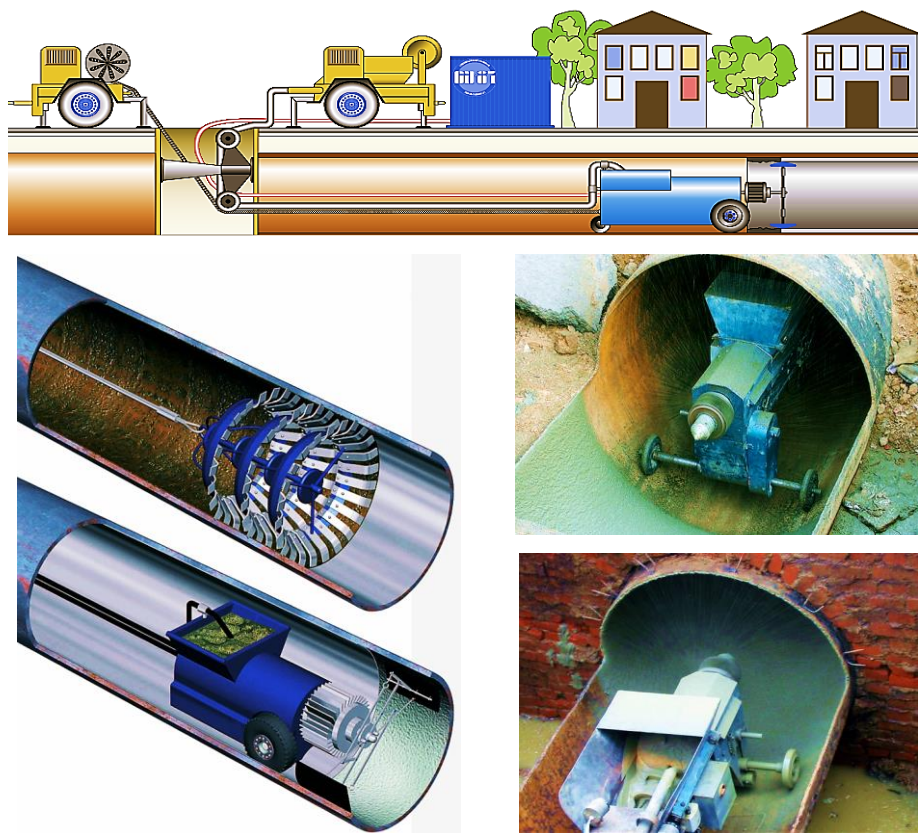
3.5.2 Cementace vnitřního povrchu potrubí

Druhou nejpoužívanější technologii na Ukrajině je cementace. Cementace je vhodná zejména pro bezvýkopové sanace ocelových a litinových potrubí průměru 80 až 2 200 mm. Tuto metodu volíme v případech, kdy dochází ke korozi potrubí a následným zákalům vody, k inkrustaci a netěsnosti potrubí, ztrátě hydraulických parametrů potrubí. Maltová směs neovlivňuje kvalitu pitné vody ani její organoleptické vlastnosti.

Sanační cementační směs je nanášena odstředivě na očištěný vnitřní povrch potrubí pomocí vlečného stroje, který má rotační hlavu (viz *Obr. 3.150 až 3.153*). Malta se lije do trubky, otáčející s vysokou rychlostí, čímž se docílí dobrá hutnost vyložení. Pak cementové vyložení zraje při kontrolované teplotě a vlhkosti, aby tak získala optimální mechanickou pevnost. Odstředivý způsob nanášení je výhodný tím, že dosažený vnitřní povrch je hladký, skládá se z jemných částecek a odstředěním vody se sníží vodní součinitel. Touto technologií je dosaženo následujících vlastností [18], [19]:

- vysoká míra zhutnění a nízká poréznost malty;
- malá drsnost povrchu a vynikající hydraulické podmínky proudění;
- dobrá přilnavost malty;
- stálost kvality dopravované vody;
- účinnou ochranu vnitřního povrchu stěny trubky proti agresivním vodám.

Standardně se cementová stěrka nanáší v tloušťce od 12 do 14 mm pro trubky průměru 1 220 až 1 420 mm [19].



Obr. 3.150, 3.151, 3.152 a 3.153. Nanášení sanační cementační směsi na očištěný vnitřní povrch potrubí [26]

Vyložení z cementové malty je povrchem, který má malou drsnost, což usnadňuje proudění, snižuje tlakové ztráty a zajišťuje stálost hydraulických parametrů v čase. Koefficient drsnosti samotného vnitřního povrchu trubky je $k = 0,03$, ale doporučuje se používat pro dimenzování vodovodních sítí hodnotu $k = 0,1$. Tato hodnota zahrnuje celkové tlakové ztráty na potrubí [18], [19].

Cementace tvoří a i aktivní ochranu. Nepůsobí jen jako pasivní bariéra, ale podílí se na chemické reakci pasivace. Při proudění potrubím se voda vsakuje postupně do cementové malty a obohacuje se zásaditými částicemi. Stává se tak netečnou a nepůsobí korozivně na kovovou stěnu potrubí [18], [19].

Výhodou je i zacelování trhlinek. Trhlinky vzniklé hydraulickým smrštěním se zacelují vlivem účinku dvou reakcí [19]:

- rychlé bobtnání cementové malty při napouštění potrubí vodou;
- pomalá hydratace částic cementu.

Koeficient lineární tepelné roztažnosti cementové malty používané pro vnitřní vyložení trubek je přibližně $12 \times 10^{-6} \text{ m/m/}^\circ\text{C}$, což je přibližně stejná hodnota jako u tvárné litiny ($11 \cdot 10^{-6} \text{ m/m/}^\circ\text{C}$). Riziko vytvoření trhlinek v důsledku rozdílné tepelné roztažnosti je tím vyloučeno. Doba tuhnutí povlaku je 24 h [18], [19], [20].

Dobrá přilnavost cementové malty k ocelovému podkladu poskytuje této povrchové ochraně dvě základní přednosti [19]:

- dobrou odolnost na podtlak (vznikající v důsledku vodních rázů);
- dobrou odolnost při průhybu a ovalizaci.

U trubek velkých průměrů, které jsou náchylnější ovalizaci, prokázaly prstencové zkoušky na ohyb dobrou odolnost vnitřního vyložení z cementové malty i při zatížení zásypem o velké mocnosti [18], [19].

Po intenzivním provozu potrubí může docházet k mechanické destrukci ochranné vrstvy. Mechanické zničení povlaku je způsobeno řadou následujících okolností [21]:

- nadměrná propustnost povlaku k eliminaci, které je nutné zajistit jeho hustotu 300 až 400 kg/m^3 ;
- vznik trhlin hlavně kvůli narušení technologie přípravy a nanášení (například nedodržení poměru voda-cement, nedostatek speciálních plastifikačních přísad);
- eroze, která se projevuje při rychlosti průtoku vody potrubím více než 4 m/s.

Vyložení z cementové malty má dobrou odolnost vůči abrazi, a to dovoluje používat potrubí i pro dopravu surové vody obsahující abrazivní částice, což je velmi vhodné pro rekonstrukci přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv.

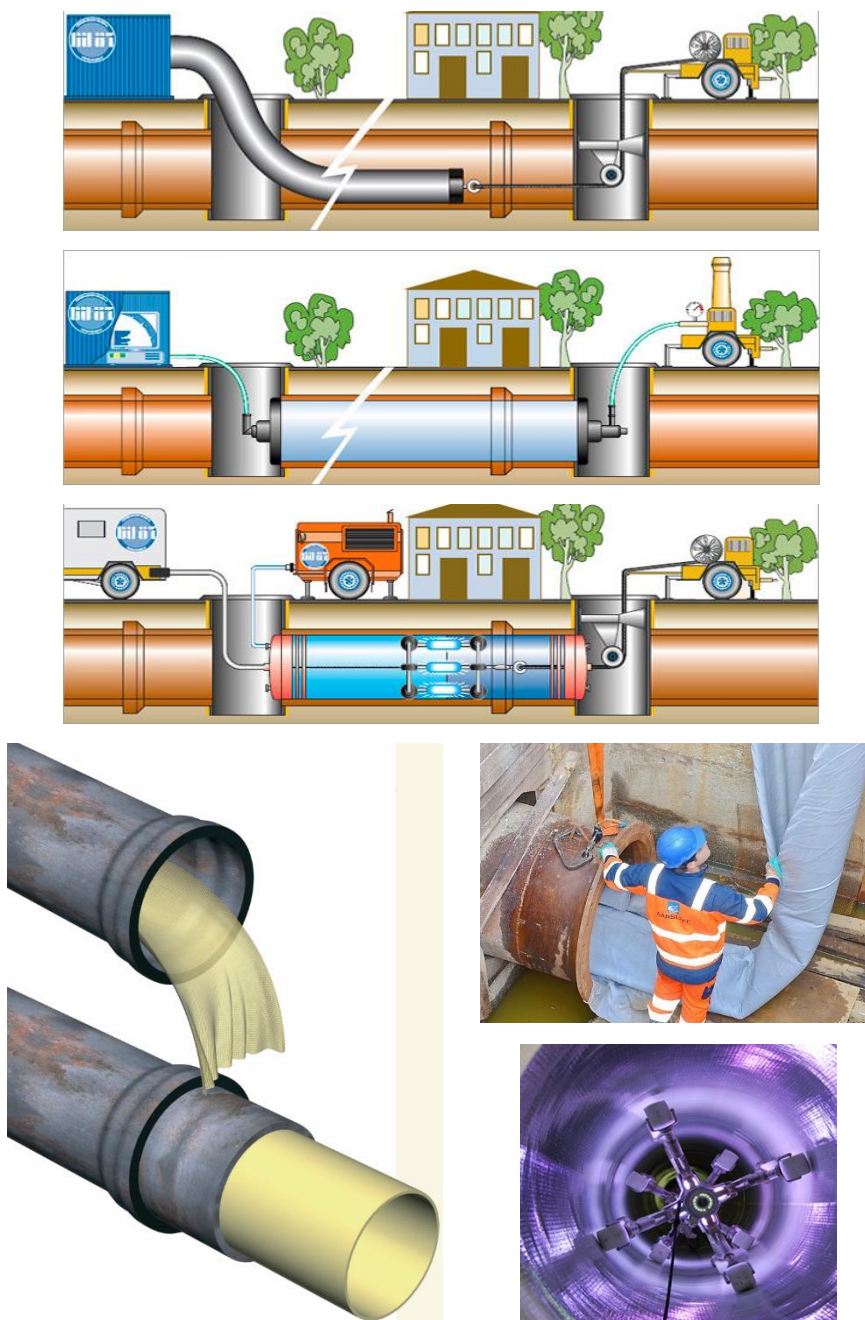
3.5.3 Bezvýkopová rukávcová metoda

Jinou technologií bezvýkopová rekonstrukce vodovodních přivaděčů průměru 200 až 1 500 mm, která aktuálně přichází na Ukrajinu je inverzní rukávcová metoda GFK-Liner. Tato technologie řeší sanaci netěsných přivaděčů pitné a surové vody, kde dochází k únikům vody z potrubí do okolního prostředí.

Před vlastní sanací je prováděno hydromechanické vyčištění potrubí, proplach a inspekce TV kamerou [22].

Pak do stávajícího dobře vyčištěného úseku potrubí je zatažen nebo inverzován tlakový samonosný rukávec z tkaniny s integrovanými skelnými vlákny, který je na místo stavby dopraven již nasycený epoxidovou nebo polyesterovou pryskyřicí. Po zatažení se

rukáv uzavře, výkruží přetlakem vzduchu z kompresoru a vytvrdí UV lampou (viz Obr. 3.154 až 3.159). Následně jsou robotem otevřeny a zapraveny přípojky [22], [23].



Obr.3.154, 3.155, 3.156, 3.157, 3.158 a 3.159. Vtahování rukávce do stávajícího potrubí a vytvrzování UV lampou [26]

Výhody rukávčové metody GFK-Liner [24]:

- Zachování stávající kapacity potrubí;
- Vhodné pro stávající potrubí DN 150–DN 1 500;
- Možnost volby tloušťky rukávu dle míry poškození potrubí, tl. 3–28 mm;
- Sanovaný materiál: litina, ocel, beton atd.

Instalace rukávu se skelnými vlákny a jeho vytvrzení UV lampou se vyznačuje snadnou manipulací na stavbě, ale především rychlým průběhem sanace. Omezení dopravy je minimální. Výrazně se eliminuje zatížení okolí hlukem a nečistotami ze stavby [24].

Výsledkem sanace bývá dlouhodobé zamezení úniku pitné vody a prodloužení životnosti potrubí o desítky let. Rukávec vyhovuje požadavkům státních sanitárních norem a pravidel ДСанПІН 2.2.4-171-10 pro styk s pitnou vodou.

3.5.4 Bevýzkopová metoda SWAGELINING

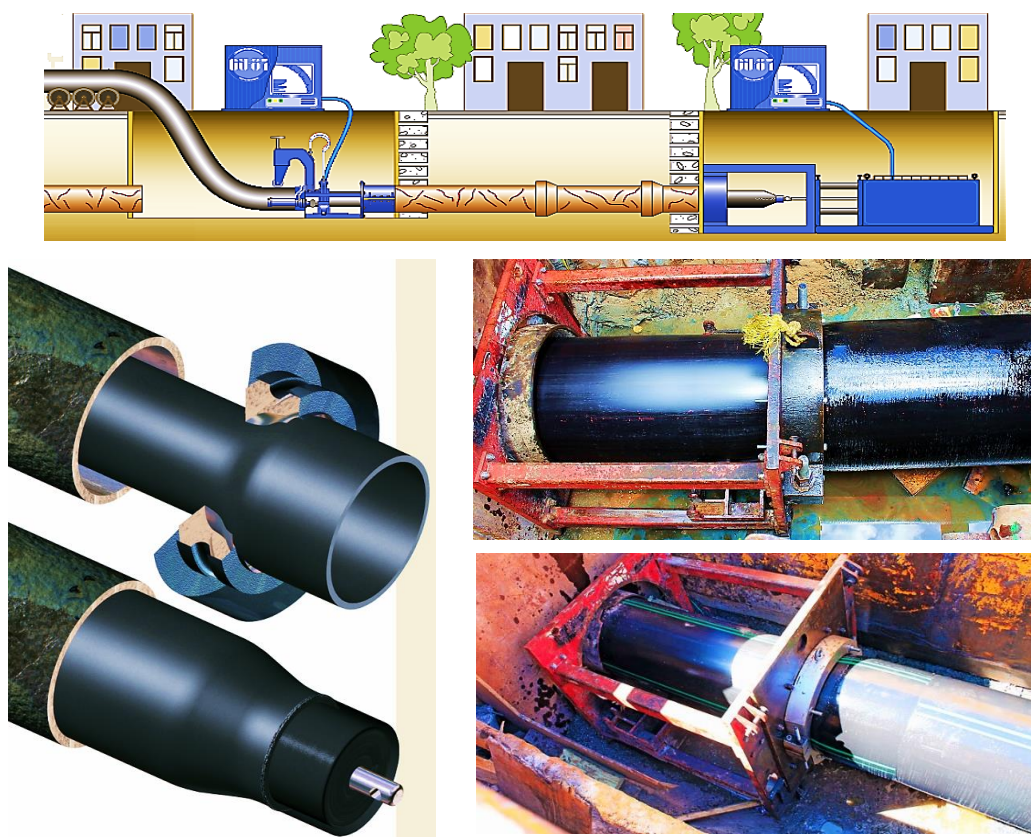
Nejsou záznamy ohledně používání technologie Swageliningu na Ukrajině, ale s přihlédnutím k situaci právě takhle metoda sanace byla by vhodnější než technologie relingu.

Sanace tlakových i netlakových trubních rozvodů metodou Swagelining spočívá ve vyvločkování stávajícího potrubí PE potrubím (SDR 11-26). Jedná se o sanaci close fit, tedy těsné přilnutí nového potrubí ke stěně původních trub. Nedojde tedy k významnému zmenšení průřezu potrubí aplikací sanační technologie. Tato metoda je velice efektivní, sanované potrubí je samonosné a má životnost omezenou pouze životností samotných PE trub [25].

Použití metody swagelining je závislé pouze na prostorových a výškových poměrech dané trasy. Lze počítat s délkou úseku v rozmezí 200 až 300 m. Samotná délka úseku na rovné trase je omezena pouze maximální povolenou tažnou silou stanovenou výrobcem pro jednotlivé DN a SDR potrubí [25].

Při této bevýzkopové technologii dochází k redukci průměru PE trouby před jejím zatažením do původního potrubí přes upínací čelist nebo redukční kroužek za působení stálé konstantní tažné síly [25].

Do startovací jámy se umístí technologické zařízení Swageliningu pro přetvarování lineru, které se upne na výsek potrubí. V koncové jámě se instaluje přijímací rám s tažným zařízením. Proveďte se upevnění PE trouby na vlečný kužel, který se vsadí do upínacích čelistí. Svařenec se urovná a ocelovou soutyčí nebo lanem za stálé konstantní tažné síly se protáhne celou délkou sanovaného úseku až k tažné hlavě, kde se připojí (viz *Obr. 3.160 až 3.163*). Pro usměrnění a přesné vtažení trouby do stávajícího potrubí slouží přítlačný válec [25].



Obr. 3.160, 3.161, 3.162 a 3.163. Vtahování nového zredukovaného potrubí do stávajícího [26]

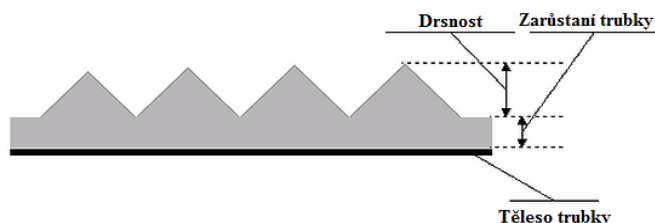
Při protahování trouby technologickým zařízením dochází k její redukci profilu (cca 10-14 %). Po dokončení protažení se odřízne tažná hlava v dostatečné vzdálenosti tak, aby nedošlo k následnému vtažení PE za hranu stávajícího potrubí po navrácení PE trouby do původního tvaru. Po uvolnění napětí se potrubí vrátí do původního tvaru a dojde k úplnému přilnutí PE vložky ke stěně stávajícího potrubí. Díky těsnému přilnutí se stávajícím potrubím jsou statické vlastnosti významně zlepšeny o spolupůsobení s tímto potrubím. V místech, kde je původní potrubí zcela neporušeno je výsledná odolnost potrubí vůči rázům a tlaků součtem vlastností stávajícího a PE potrubí [24].

4 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

4.1 Stanovení parametrů přivaděče před rekonstrukcí

4.1.1 Výpočet drsnosti potrubí přivaděče

Vzhledem k tomu, že první řad přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv je v provozu více než 40 let a druhý řad více než 30 let, je potřeba stanovit hydraulickou drsnost potrubí k pro následující výpočet ztrát po délce v přivaděči.



Obr. 4.1. Drsnost a zarůstání potrubí [27]

Výpočet hydraulické drsnosti potrubí provedeme podle vzorce 4.1 [27]:

$$k_t = k_e + \delta \times t \quad (4.1)$$

kde k_e - součinitel ekvivalentní hydraulické drsnosti pro nové ocelové trubky, [mm];

k_t - součinitel ekvivalentní hydraulické drsnosti po t letech v provozu, [mm];

δ - roční přírůstek absolutní drsnosti, [mm.rok⁻¹].

Podle Ing. Anatolia Kamershteyna, CSc. přírodní vody jsou zařazeny do pěti skupin, z nichž každá určuje intenzitu narůstání hydraulické drsnosti potrubí a korozivní účinek dopravované vody (viz Tab. 4.1) [27].

Tab. 4.1: Intenzita narůstání hydraulické drsnosti potrubí a korozivní vliv vody [27]

Skupina	Korozivní účinek	Charakteristický přírodních vod	Roční přírůstek absolutní drsnosti, [mm.rok ⁻¹]
č. 1	Slabý	Nízko mineralizované nekorozivní vody s indexem stability od - 0,2 do + 0,2; voda s nízkým obsahem organických látek a rozpuštěného železa.	od 0,005 do 0,05 (průměrný 0,025)
č. 2	Mírný	Nízko mineralizované nekorozivní vody s indexem stability do - 1,0; voda obsahující organickou hmotu a rozpuštěné železo v množství menším než 3 g/m ³ .	od 0,055 do 0,18 (průměrný 0,07)

č. 3	Významný	Velmi korozivní vody s indexem stability od - 1,0 do - 2,5, ale s nízkým obsahem chloridů a síranů (méně než 150 g/m ³); voda s obsahem železa vyšším než 3 g/m ³ .	od 0,18 do 0,4 (průměrný 0,20)
č. 4	Intenzivní	Korozivní vody s negativním indexem stability, ale s vysokým obsahem síranů a chloridů (více než 700 g/m ³); neupravené vody s vysokým obsahem organických látek.	od 0,4 do 0,6 (průměrný 0,51)
č. 5	Velmi intenzivní	Vody charakterizované nízkou konstantní hustotou s indexem stability vyšším než 0,8; vysoce mineralizované a korozivní vody s hustým sedimentem, více než 2 000 g/m ³ .	od 0,6 do 3,0 (průměrný 0,07)

Vodu z řeky Dnipro podle chemického rozboru můžeme zařadit do druhé skupiny a pro výpočet zvolíme maximální hodnotu ročního přírůstku absolutní drsnosti, a to 0,18 mm/rok.

Hodnota součinitele ekvivalentní hydraulické drsnosti pro nové elektricky svařované ocelové trubky s přímým švem před zahájením provozu je 0,25 mm.

Spočítáme hydraulickou drsnost potrubí:

- pro první řad přivaděče: $k_{t,1} = 0,25 + 0,18 \times 40 = 7,45 \text{ mm}$
- pro druhý řad přivaděče: $k_{t,2} = 0,25 + 0,18 \times 31 = 5,83 \text{ mm}$

4.1.2 Výpočet specifických odporů potrubí přivaděče

Za účelem výpočtu tlakových ztrát v potrubích přivaděče je potřeba stanovit specifické odpory obou řad, proto spočítáme hydraulické sklony čáry energie i pro každé potrubí podle vzorce 4.2 [28]:

$$i = \lambda \times \frac{1}{d_p} \times \frac{v^2}{2g} \quad (4.2)$$

kde i - hydraulický sklon čáry energie, [-];

λ - součinitel tření, [-];

d_p - vnitřní průměr potrubí, [m];

v - průměrná rychlost proudění vody v potrubí, [m.s⁻¹];

g - normální tíhové zrychlení, [m.s⁻²].

Za účelem správné volby vzorce pro stanovení součinitele tření λ pro trubky, které byly v provozu nějakou dobu, spočítáme poměr rychlosti proudění vody v potrubí v , kterou víme a která je 0,844 m/s za maximálního průtoku přivaděčem 1,25 m³/s, k kinematické viskozitě vody $\nu = 1,3 \times 10^{-6}$ m²/s za teploty transportované vody 10 °C [28].

$$\frac{v}{\nu} = \frac{0,844 \text{ m/s}}{1,3 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 6,49 \times 10^5 \text{ 1/m} < 9,2 \times 10^5 \text{ 1/m}$$

S ohledem na stanovený poměr volíme vzorec 4.3 pro výpočet součinitele tření:

$$\lambda = \frac{0,0197}{d_p^{0,3}} \times \left(1 + \frac{0,867}{v}\right)^{0,3} \quad (4.3)$$

Dosadíme rovnici 4.3 do rovnice 4.2 a získáme konečný tvar rovnice pro výpočet hydraulického sklonu čáry energie potrubí 4.4, za podmínky, že $v < 1,2$ m/s [28]:

$$i = 0,000912 \times \frac{v^2}{d_p^{1,3}} \times \left(1 + \frac{0,867}{v}\right)^{0,3} \quad (4.4)$$

Před výpočtem hydraulického sklonu a následně specifického odporu na 1 m běžný délky potrubí, stanovíme aktuální vnitřní průměry potrubí včetně drsnosti a zarůstání vnitřního povrchu trubek a to tak, že odečteme od hodnoty vnitřního průměru nového potrubí stanovené aktuální hodnoty hydraulické drsnosti pro každý řad přivaděče:

$$d_{p.skut.}^{1.,DN1400} = d_p - 2 \times k_{t,1.} = 1,388 - 2 \times 0,00745 = 1,3731 \text{ m}$$

$$d_{p.skut.}^{2.,řada, DN1400} = d_p - 2 \times k_{t,2.} = 1,388 - 2 \times 0,00583 = 1,3763 \text{ m}$$

Některé úseky přivaděče jsou tvořeny trubkami průměru 1 220 mm s tloušťkou stěny 16 mm, proto stanovíme aktuální vnitřní průměry potrubí včetně drsnosti i pro tyto úseky:

$$d_{p.skut.}^{1.,DN1200} = d_p - 2 \times k_{t,1.} = 1,188 - 2 \times 0,00745 = 1,1731 \text{ m}$$

$$d_{p.skut.}^{2.,DN1200} = d_p - 2 \times k_{t,2.} = 1,188 - 2 \times 0,00583 = 1,1763 \text{ m}$$

Pro výpočet ztrát v potrubích po délce je důležité stanovit specifický odpor potrubí závislý na průtoku a hydraulickém sklonu čáry energie potrubí. Specifický odpor na 1 m běžný délky potrubí A_t stanovíme podle vzorce 4.5 [28]:

$$A_t = \frac{i}{Q^2}, [s^2 \cdot m^{-6}] \quad (4.5)$$

kde $Q = v \times \frac{\pi \times d^2}{4}$ - průtok potrubím přivaděče, [m³.s⁻¹].

Jestli do rovnice 4.5 dosadíme vzorec 4.4, to získáme konečný tvar rovnice specifického odporu 4.6 [28]:

$$A_t = \frac{0,001478}{d_p^{5,3}} \times \left(1 + \frac{0,867}{v}\right)^{0,3} \quad (4.6)$$

Je vidět, že specifický odpor potrubí je závislý na rychlostech proudění vody v přivaděči, které jsou závislé na průtocích.

Maximální denní průtok Q_d pro celý přivaděč Dnipro-Mykiolajiv volíme podle požadavků technického ředitele komunální společnosti Mykolajivvodokana a ten bude 9 000 m³/h, průměrný denní průtok Q_p je 6 900 m³/h a minimální denní průtok Q_{min} je 3 200 m³/h. Požadovaný maximální denní průtok během posledních tří let nebyl zaznamenán kontinuálním měřením průtoku za čerpací stanici prvního zvednutí, ale podle technického ředitele Mykolajivvodokanalu, přivaděč má být schopen převést a i tento průtok taky, protože podle návrhu z roku 1978 maximální možný průtok dvěma řady by měl být 11 000 m³/h. S ohledem na to, všechny výpočty budou zaměřeny na požadovaný průtok Q_d .

Spočítáme rychlosti proudění vody v jednotlivých řadech přivaděče v závislosti na průtocích v tabulce 4.2. Uvažujeme s tím, že jedním řadem teče poloviční návrhový průtok.

Tab. 4.2. Výpočty rychlosti proudění vody v přivaděči

	0,5. Q_d = 4 500 m ³ /h = 1,250 m ³ /s	0,5. Q_p = 3 450 m ³ /h = 0,96 m ³ /s	0,5. Q_{min} = 1 600 m ³ /h = 0,44 m ³ /s
Vnitřní průměr potrubí, m	Rychlost proudění, v, [m.s ⁻¹]		
1. řad			
1,3731	0,844	0,647	0,300
1,1731	1,157	0,887	0,411
2. řad			
1,3763	0,840	0,644	0,299
1,1763	1,150	0,882	0,409

V případě odstávky jedné sekce na jednom z řadu přivaděče, soustava čerpací stanice 1. zvednutí + přivaděč Dnipro-Mykolajiv musí být schopna zajistit havarijní

průtok surové vody na úpravnu vody Ingulec, který stanoví 70 % od požadovaného návrhového průtoku Q_d a tato hodnota je $6\,300\text{ m}^3/\text{h}$.

Za účelem stanovení rychlosti proudění a ztrát v přivaděči v případě havárie, předpokládáme, že havárie vznikla na sekci druhého řadu přivaděče mezi přepínacími komorami č. 58, 60, 62 a č. 73, 74, 75, 76, 77, 78. V tomto případě bude odstavena sekce délky $10\,390\text{ m}$ druhého řadu a celý havarijní průtok $6\,300\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ musí převést samostatně úsek potrubí prvního řadu přivaděče mezi přepínacími komorami č. 59, 61 a č. 73, 74, 75, 76, 77, 78, který zůstává v provozu a kterým bude zajištěn obtok odstavené sekce po celou dobu trvání oprav poruchy nebo údržby. Za účelem modelování havarijní situace byla zvolena tato část přivaděče z důvodu, že na sekci prvního řadu mezi komorami č. 59, 61 a č. 73, 74, 75, 76, 77, 78 leží úsek délky 300 m , který aktuálně je v havarijním stavu a návrhem rekonstrukce kterého se zabývá tato práce.

Spočítáme rychlosti proudění vody v jednotlivých řadech přivaděče v případě havárie v tabulce 4.3. Uvažujeme s tím, že úsekem délky $10\,390\text{ m}$ prvního řadu teče 100 % havarijního průtoku, ostatními úseky přivaděče, které zůstaly v provozu teče poloviční havarijní průtok.

Tab. 4.3. Výpočty rychlosti proudění vody v přivaděči v případě havárie

	Před odstaveným úsekem $0,5\cdot Q_{hav.} =$ $3\,150\text{ m}^3/\text{h} =$ $0,875\text{ m}^3/\text{s}$	Odstavený úsek $Q_{hav.} =$ $6\,300\text{ m}^3/\text{h} =$ $1,750\text{ m}^3/\text{s}$	Za odstaveným úsekem $0,5\cdot Q_{hav.} =$ $3\,150\text{ m}^3/\text{h} =$ $0,875\text{ m}^3/\text{s}$
Vnitřní průměr potrubí, m	Rychlost proudění, v , [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]		
1. řad			
1,3731	0,591	1,182	0,591
1,1731	0,810	1,619	0,810
2. řad			
1,3763	0,588	0,00	0,588
1,1763	0,805	0,00	0,805

Na základě stanovených rychlostí spočítáme specifické odpory potrubí přivaděče podle vzorce 4.6. Výpočet provedeme v tabulkách 4.4 a 4.5.

Tab. 4.4. Výpočty specifických odporů potrubí na 1 bm délky

	0,5.Q _d = 4 500 m ³ /h = 1,250 m ³ /s	0,5.Q _p = 3 450 m ³ /h = 0,958 m ³ /s	0,5.Q _{min} = 1 600 m ³ /h = 0,444 m ³ /s
Vnitřní průměr potrubí, m	Specifický odpor potrubí na 1 bm délky, A _t , [s ² .m ⁻⁶]		
1. řad			
1,3731	0,000340	0,000355	0,000414
1,1731	0,000750	0,000778	0,000891
2. řad			
1,3763	0,000336	0,000351	0,000409
1,1763	0,000740	0,000767	0,000879

Tab. 4.5. Výpočty specifických odporů potrubí na 1 bm délky v případě havárie

	Před odstaveným úsekem 0,5.Q _{hav.} = 3 150 m ³ /h = 0,875 m ³ /s	Odstavený úsek Q _{hav.} = 6 300 m ³ /h = 1,750 m ³ /s	Za odstaveným úsekem 0,5.Q _{hav.} = 3 150 m ³ /h = 0,875 m ³ /s
Vnitřní průměr potrubí, m	Specifický odpor potrubí na 1 bm délky, A _t , [s ² .m ⁻⁶]		
1. řad			
1,3731	0,000361	0,000325	0,000361
1,1731	0,000789	0,000744	0,000789
2. řad			
1,3763	0,000357	0,00	0,000357
1,1763	0,000778	0,00	0,000778

4.1.3 Výpočet tlakových ztrát v přivaděči před rekonstrukcí

Pro výpočet tlakových ztrát v potrubí použijeme vzorec 4.7 [29]:

$$h = (1,1 \text{ až } 1,2) \times S_n \times Q^2 = (1,1 \text{ až } 1,2) \times A_t \times L \times Q^2 \quad (4.7)$$

kde S_n - odpor n. řadu přivaděče, [s².m⁻⁵];

L - délka potrubí, [m];

Q - průtok n. řadem přivaděče, [m³.s⁻¹].

1,1 až 1,2 - součinitel místních ztrát pro hydraulicky dlouhá potrubí, [-].

Výpočty tlakových ztrát v prvním a druhém řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv jsou provedeny v tabulkách 4.6 a 4.7.

Tab. 4.6. Výpočty tlakových ztrát v 1. řadu přivaděče

Pracovní režim	$Q_{\text{celk.}}$ [l.s ⁻¹]	Q_1 [m ³ .s ⁻¹]	Q_1^2 [m ⁶ .s ⁻²]	$S_{1.} =$ $A_{t,1.} \times L_{1.}$ [s ² .m ⁻⁵]	$h_{1.} =$ $1,2 \times S_{1.} \times Q_1^2$ [m]
Potrubí DN 1 400, L = 72 595 m					
Q_d	2 500	1,250	1,563	24,707043	46,283
Q_p	1 917	0,958	0,918	25,793237	28,400
$Q_{\text{min.}}$	889	0,444	0,198	30,039972	7,114
Potrubí DN 1 200, L = 405 m					
Q_d	2 500	1,250	1,5625	0,303767	0,475
Q_p	1 917	0,958	0,9178	0,315145	0,290
$Q_{\text{min.}}$	889	0,444	0,1971	0,360925	0,071
$\sum h_{1.,Qd}$					46,758
$\sum h_{1.,Qp}$					28,690
$\sum h_{1.,Qmin.}$					7,185

Tab. 4.7. Výpočty tlakových ztrát v 2. řadu přivaděče

Pracovní režim	$Q_{\text{celk.}}$ [l.s ⁻¹]	Q_2 [m ³ .s ⁻¹]	Q_2^2 [m ⁶ .s ⁻²]	$S_{2.} =$ $A_{t,2.} \times L_{2.}$ [s ² .m ⁻⁵]	$h_{2.} =$ $1,2 \times S_{2.} \times Q_2^2$ [m]
Potrubí DN 1 400, L = 72 615 m					
Q_d	2 500	1,250	1,563	24,424577	45,756
Q_p	1 917	0,958	0,918	25,500729	28,079
$Q_{\text{min.}}$	889	0,444	0,198	29,706449	7,035
Potrubí DN 1 200, L = 385 m					
Q_d	2 500	1,250	1,5625	0,284778	0,445
Q_p	1 917	0,958	0,9178	0,295477	0,272
$Q_{\text{min.}}$	889	0,444	0,1971	0,338502	0,067
$\sum h_{2.,Qd}$					46,201
$\sum h_{2.,Qp}$					28,351
$\sum h_{2.,Qmin.}$					7,102

Výpočty tlakových ztrát v prvním a druhém řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv v případě vzniku havarijní situace na úseku potrubí druhého řadu jsou provedeny v tabulkách 4.8 a 4.9.

Tab. 4.8. Výpočty tlakových ztrát v 1. řadu přivaděče v případě havárie na úseku 2. řadu mezi přepínacími komorami č. 58, 60, 62 a č. 73, 74, 75, 76, 77, 78

Pracovní režim	$Q_{\text{celk,}}$ [l.s ⁻¹]	Q_1 [m ³ .s ⁻¹]	Q_1^2 [m ⁶ .s ⁻²]	$S_{1.} =$ $A_{t,1.} \times L_{1.}$ [s ² .m ⁻⁵]	$h_{1.} =$ $1,2 \times S_{1.} \times Q_1^2$ [m]
Potrubí DN 1 400, L = 62 350 m					
$Q_{\text{hav.}}$	1 750	0,875	0,766	22,508863	20,177
Potrubí DN 1 200, L = 260 m					
$Q_{\text{hav.}}$	1 750	0,875	0,766	0,205127	0,157
Potrubí DN 1 400, L = 10245 m					
$Q_{\text{hav.}}$	1 750	1,75	3,063	3,326991	10,475
Potrubí DN 1 200, L = 145 m					
$Q_{\text{hav.}}$	1 750	1,75	3,063	0,107942	0,331
$\Sigma h_{1.,Q_{\text{hav.}}}$					31,140

Tab. 4.9. Výpočty tlakových ztrát v 2. řadu přivaděče v případě havárie na úseku 2. řadu mezi přepínacími komorami č. 58, 60, 62 a č. 73, 74, 75, 76, 77, 78

Pracovní režim	$Q_{\text{celk,}}$ [l.s ⁻¹]	Q_2 [m ³ .s ⁻¹]	Q_2^2 [m ⁶ .s ⁻²]	$S_{2.} =$ $A_{t,2.} \times L_{2.}$ [s ² .m ⁻⁵]	$h_{2.} =$ $1,2 \times S_{2.} \times Q_2^2$ [m]
Potrubí DN 1 400, L = 62 370 m					
$Q_{\text{hav.}}$	1 750	0,875	0,766	22,255304	19,951
Potrubí DN 1 200, L = 240 m					
$Q_{\text{hav.}}$	1 750	0,875	0,766	0,186760	0,143
Potrubí DN 1 400, L = 10245 m					
$Q_{\text{hav.}}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Potrubí DN 1 200, L = 145 m					
$Q_{\text{hav.}}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\Sigma h_{2.,Q_{\text{hav.}}}$					20,094

Za účelem vytvoření grafické charakteristiky přivaděče stanovíme střední hodnoty odporů celého přivaděče pro odpovídající průtoky. Střední hodnoty odporů jsou uvedeny v tabulce 4.10.

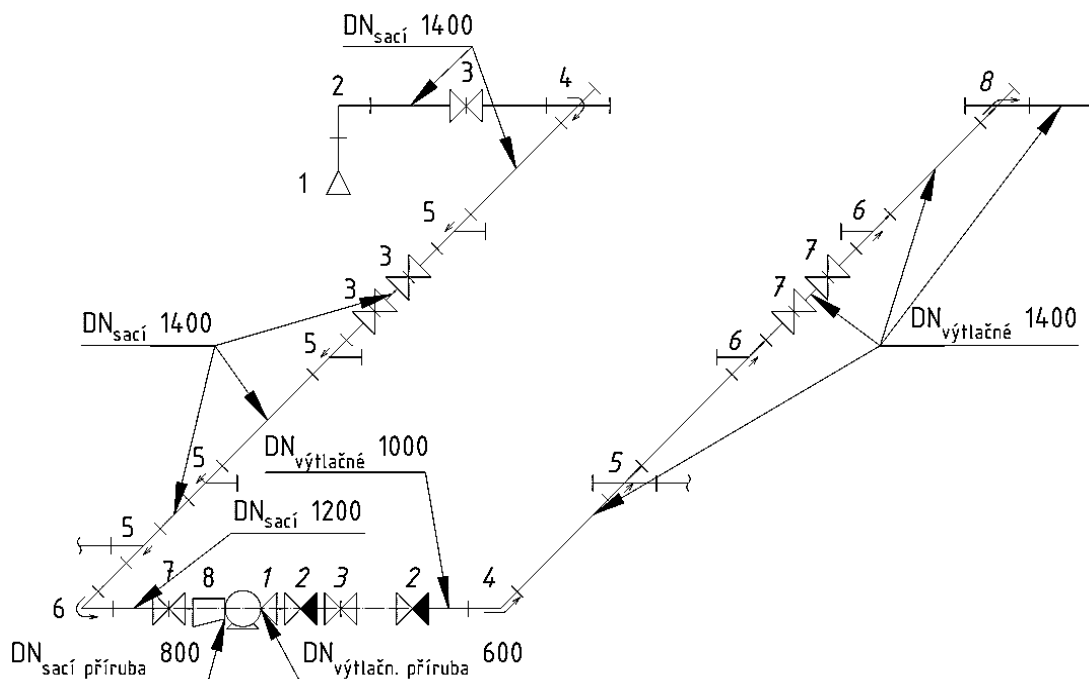
Tab. 4.10. Střední hodnoty odporů potrubí přivaděče

Průtok přivaděčem, [m ³ .s ⁻¹]		Střední hodnota odporu pro celý přivaděč, S _{stř.} , [s ² .m ⁻⁵]
Q _d	2,500	24,860082
Q _p	1,913	25,952294
Q _{min.}	0,889	30,222924
Q _{hav.}	1,750	26,012960

4.1.4 Grafická charakteristika přivaděče před rekonstrukcí

Před výpočtem dopravní výšky je třeba stanovit hodnoty tlakových ztrát v sacím a výtlačném potrubích čerpací stanice prvního zvednutí. Potrubí uvnitř čerpací stanice považujeme za hydraulicky krátké, proto počítáme a i místní ztráty v armaturách.

Axonometrické schéma čerpání vody z vodojemu surové vody čerpací stanicí prvního zvednutí do prvního řadu přivaděče Dnipro-Mykolajev za nejhorší z hydraulického hlediska variantou je znázorněno na Obr. 4.2.



Obr. 4.2. Axonometrie čerpací stanice 1. zvednutí

Ztráty v sacím a výtlačném potrubích jsou výrazně závislé na místních odporech armatur a odporů potrubí v čerpací stanici, které stanovíme podle vzorce 4.8 [30]:

$$\sum S = S_m + S_l = A_s \times \xi \times n + A_t \times l \quad (4.8)$$

kde S_m - odpor armatur v ČS, [s².m⁻⁵];

S_l - odpor po délce potrubí v ČS, [s².m⁻⁵];

A_s - specifický odpor v jedné armatuře v čerpací stanici, [s².m⁻⁶];

ξ - součinitel místní ztráty, [-];










n - počet armatur stejného průměru, [ks];

$A_{t,ČS}$ - specifický odpor na 1 m běžný délky potrubí v čerpací stanici, [s².m⁻⁶];










l - délka potrubí v mezích čerpací stanice, [m].

Výpočet odporů sacího a výtlačného potrubí provedeme v tabulkách. 4.11 a 4.12. Čísla místních ztrát v tabulkách odpovídají číslování na axonometrickém schématu.

Tab. 4.11. Výpočet odporu sacího potrubí v čerpací stanici prvního zvednutí

č.	Název místní ztráty	Schéma	Počet, n, [ks]	DN, [mm]	A_s , [s ² .m ⁻⁶] a A_t , [s ² .m ⁻⁶]	ξ a l	$S_m = A_s \times \xi \times n$, [s ² .m ⁻⁵] $S_l = A_t \times l$ [s ² .m ⁻⁵]
Sací potrubí							
1	Sací kužel		1	1400	$A_s = 0,0215$	0,2	0,0043
2	Koleno		1	1400	0,0215	0,6	0,0129
3	Šoupátko		3	1400	0,0215	0,2	0,0129
4	Kříž se zatáčením proudu		1	1400	0,0215	2	0,043
5	Tvarovka s odbočkou		4	1400	0,0215	0,1	0,0086
6	Koleno		1	1200	0,0399	0,6	0,0239
7	Šoupátko		1	1200	0,0399	0,2	0,0080
8	Redukce		1	800	0,202	0,24	0,0485
9	Přímý úsek		1	1400	$A_t = 0,00034$	20 m	0,0068
							$\sum S_{sac.} = 0,1689$

Tab. 4.12. Výpočet odporu výtlačného potrubí v čerpací stanici prvního zvednutí

č.	Název místní ztráty	Schéma	Počet, [ks]	DN, [mm]	$A_s, [s^2 \cdot m^{-6}]$ a $A_t, [s^2 \cdot m^{-6}]$	ξ a l	$S_m = A_s \times \xi \times n,$ [$s^2 \cdot m^{-5}$] $S_l = A_t \times l$ [$s^2 \cdot m^{-5}$]
Výtlačné potrubí							
1	Redukce		1	600	$A_s = 0,637$	0,4	0,2548
2	Zpětná klapka		2	1000	0,0827	1,5	0,2481
3	Šoupátko		1	1000	0,0827	0,2	0,0165
4	Koleno		1	1000	0,0827	0,6	0,0496
5	Kříž		1	1400	0,0215	0,15	0,0032
6	Tvarovka s odbočkou		2	1400	0,0215	0,1	0,0043
7	Šoupátko		1	1400	0,0215	0,2	0,0043
8	Kříž se zatáčením proudu		1	1400	0,0215	2	0,043
9	Přímý úsek		1	1400	$A_t = 0,00034$	20 m	0,0068
							$\sum S_{v\acute{y}tl.} = \mathbf{0,6307}$

Spočítáme tlakové ztráty v potrubích čerpací stanice 1. zvednutí při maximálním průtoku podle vzorce 4.6, celkovou tlakovou ztrátu v čerpací stanici a celkový odpor soustavy čerpací stanice 1. zvednutí + přivaděč Dnipro-Mykolajiv.

$$h_{sac.} = \sum S_{sac.} \times 0,5 \times Q_d^2 = 0,1689 \times 0,5 \times 2,5^2 = 0,264 \text{ m}$$

$$h_{v\acute{y}tl.} = \sum S_{v\acute{y}tl.} \times 0,5 \times Q_d^2 = 0,6307 \times 0,5 \times 2,5^2 = 0,985 \text{ m}$$

$$h_{\check{c}S} = h_{sac.} + h_{v\acute{y}tl.} = 1,248 \text{ m}$$

$$S = \sum S + S_{st\check{r}.} = 0,1689 + 0,6307 + 24,860082 = 25,659682 \text{ s}^2/\text{m}^5$$

Spočítáme geodetickou dopravní výšku [30]:

$$H_G = (Z_{p\check{r}emost.} + 2) - Z_{min.vodojem} = (55,9 + 2) - 16,5 = 41,4 \text{ m}$$

kde $Z_{p\check{r}emost}$ - kóta vrcholu přemostění přivaděče přes železnici u úpravny vody Ingulec, [m n.m.];

$Z_{min.vodojem}$ - kóta minimální hladiny vody v vodojemu surové vody u čerpací stanice prvního zvednutí, [m n.m.];

2 - tlaková rezerva nad úrovní přemostění, [m v.sl.]

Dopravní výšku čerpadla za maximálního průtoku spočítáme podle vzorce 4.9:

$$H = H_G + h_n + h_{\zeta S} = 41,4 + 46,758 + 1,248 = 89,406 \text{ m} \quad (4.9)$$

Aktuálně v čerpací stanici prvního zvednutí je v provozu jedno čerpadlo č. 2 s frekvenčním měničem při průtocích přivaděčem menších než 6000 m³/h nebo při průtocích větších než 8 000 m³/h se zapnou dva čerpadla č. 1 a 3 bez frekvenčních měničů. Parametry čerpadel a motorů jsou uvedeny v *Tab. 3.1*.

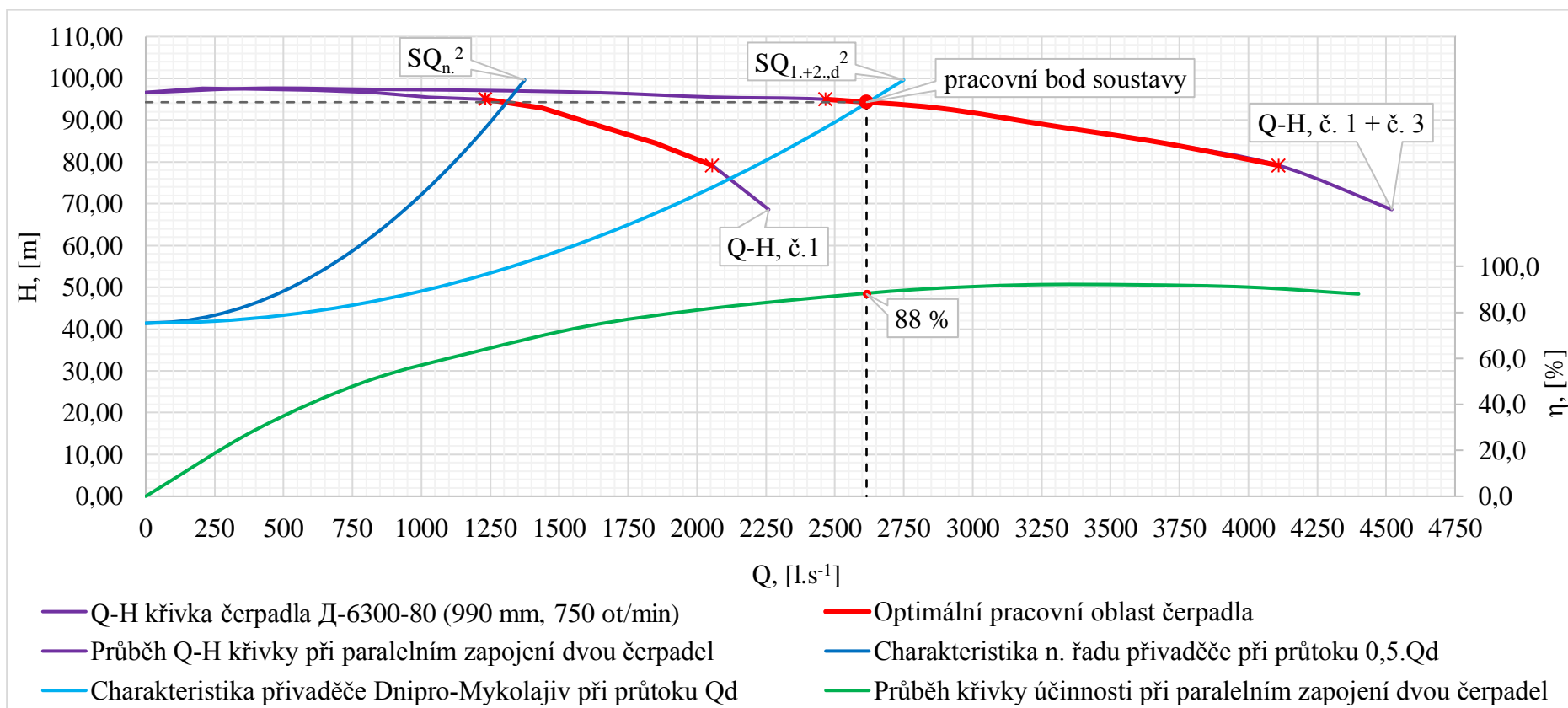
Vyneseme charakteristiku přivaděče do grafu Q-H křivky dvou paralelně zapojených čerpadel typu Д-6300-80 při požadovaném průtoku přivaděčem 9 000 m³/h před rekonstrukcí 1. řadu (viz *Obr. 4.3*) pomocí *Tab. 4.13* a charakteristiku přivaděče do grafu Q-H křivky čerpadla typu Д-6300-80 při havarijním průtoku přivaděčem a to 6 300 m³/h před rekonstrukcí 1. řadu (viz *Obr. 4.4*) pomocí *Tab. 4.14*.

Tab. 4.13. Stanovení bodů za účelem vynesení charakteristiky přivaděče do grafu Q-H křivky čerpadla Д-6300-80

Bod č.	Průtok		Q _n . ² [m ⁶ .s ⁻²]	S, [s ² .m ⁻⁵]	h _{soust.} = 1,2 × S × Q _n . ² [m]	H _G , [m]	H = H _G + h _{soust.} [m]
	Q _{celk.} , [l.s ⁻¹]	Q _n . [m ³ .s ⁻¹]					
1	500	0,250	0,063	25,659682	1,924	41,4	43,324
2	1 000	0,500	0,250		7,698		49,098
3	1 500	0,750	0,563		17,320		58,720
4	2 000	1,000	1,000		30,792		72,192
5	2 500	1,250	1,563		48,112		89,512

Tab. 4.14. Stanovení bodů za účelem vynesení charakteristiky přivaděče do grafu Q-H křivky čerpadla Д-6300-80 v případě havárie

Bod č.	Průtok		Q _n . ² [m ⁶ .s ⁻²]	S, [s ² .m ⁻⁵]	h _{soust.} = 1,2 × S × Q _n . ² [m]	H _G [m]	H = H _G + h _{soust.} [m]
	Q _{celk.} , [l.s ⁻¹]	Q _n . [m ³ .s ⁻¹]					
1	350	0,175	0,0306	26,813386	0,985	41,4	42,385
2	700	0,350	0,1225		3,942		45,342
3	1 050	0,525	0,2756		8,869		50,269
4	1 400	0,700	0,4900		15,766		57,166
5	1 750	0,875	0,7656		24,635		66,035
6	2 100	1,050	1,1025		35,474		76,874

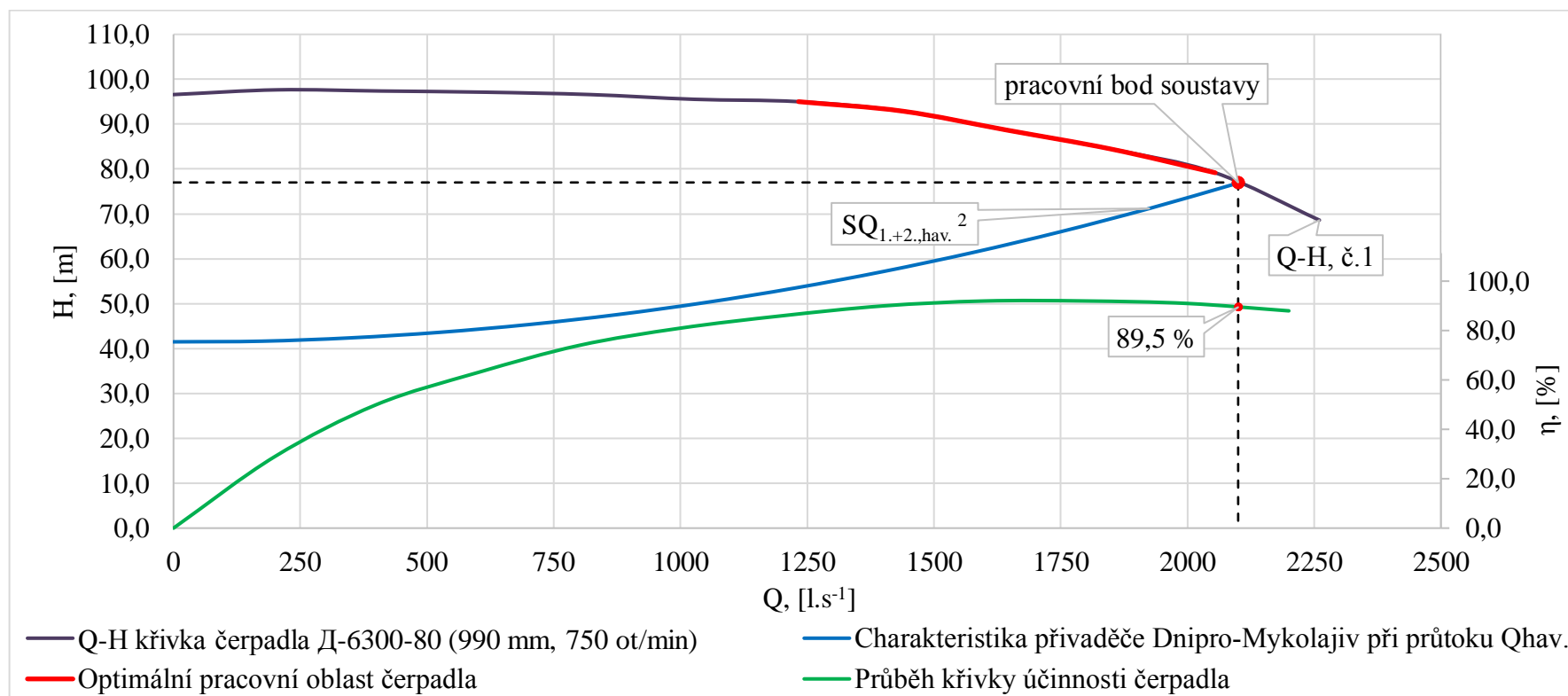


Obr. 4.3. Grafická charakteristika přivaděče Dnipro-Mykolajiv při maximálním požadovaném průtoku $9\,000\text{ m}^3/\text{h}$ vynesena do Q-H křivky čerpadel Д-6300-80 (990 mm, 750 ot/min) při jejich paralelním zapojení

Pozn.: Q_n - průtok jedním řadem přivaděče $0,5 \cdot Q_d$;

$Q_{1.+2.,d}$ - maximální denní průtok prvním a druhým řadem přivaděče;

Q-H, č. 1 + č. 3 - křivka dvou paralelně zapojených čerpadel Д-6300-80, čísla odpovídají číslování čerpadel v ČS 1. zvednutí (viz Obr. 3.13).



Obr. 4.4. Grafická charakteristika přivaděče Dnipro-Mykolajiv při havarijním průtoku $6\,300\text{ m}^3/\text{h}$ vynesena do Q-H křivky čerpadla Д-6300-80 (990 mm, 750 ot/min)

Pozn.: $Q_{1.+2.,hav.}$ - havarijní průtok prvním a druhým řadem přivaděče;

Q-H, č. 1 - charakteristika čerpadla Д-6300-80, číslo odpovídá číslování čerpadel v ČS 1. zvednutí (viz Obr. 3.13).

Je vidět, že v případě zajištění havarijního průtoku čerpadlo pracuje ne v optimálním režimu, ale s ohledem na to, že je to dočasný stav můžeme nechat čerpadlo pracovat v tomto režimu nebo zvětšit odpor soustavy uzavřením šoupátka na výtlačném potrubí čerpadla.

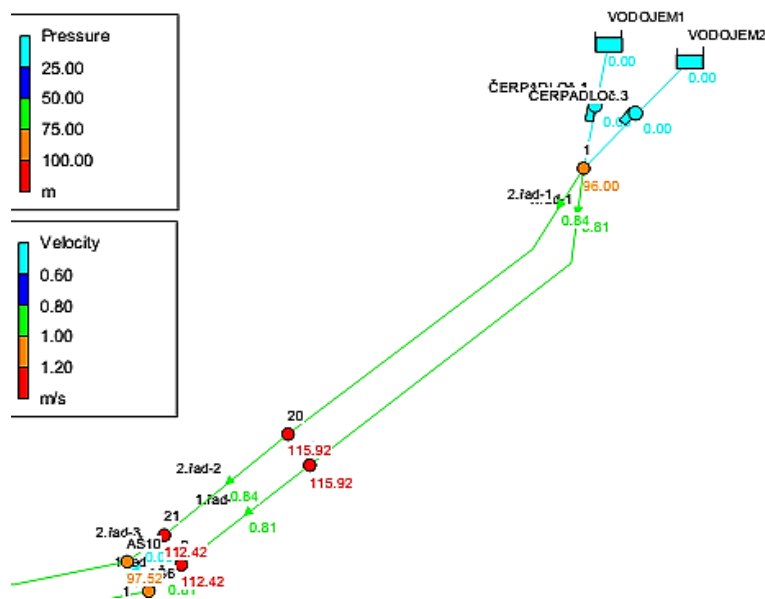
4.2 Hydraulický model přivaděče Dnipro-Mykolajiv před rekonstrukcí v programu Epanet 2.2

Na základě předem stanovených parametrů soustavy čerpací stanice prvního zvednutí + přivaděč Dnipro-Mykolajiv v programu Epanet 2.2 byl vytvořen hydraulický model přívodního potrubí před rekonstrukcí 1. řadu (viz *Příloha č. 10*). Pomocí hydraulického modelu byly simulovány dva zatěžovací stavy potrubí, a to převedení přivaděčem maximálního denního průtoku Q_d a havarijního průtoku $Q_{hav.}$, převedení, kterého zajistí v případě odstávky úseku 2. řadu sekce potrubí prvního řadu, na které leží úsek, který aktuálně je v havarijním stavu a potřebuje rekonstrukce.

V hydraulickém modelu jsou simulovány taky odběry vody třiceti soukromými podniky za účelem zavlažování v množství 9,1 l/s jedním odběratelem a taky dva odběry ve výši 10,75 l/s pro uspokojení potřeb průmyslového závodu ze zpracování rajčat Oranic Systems.

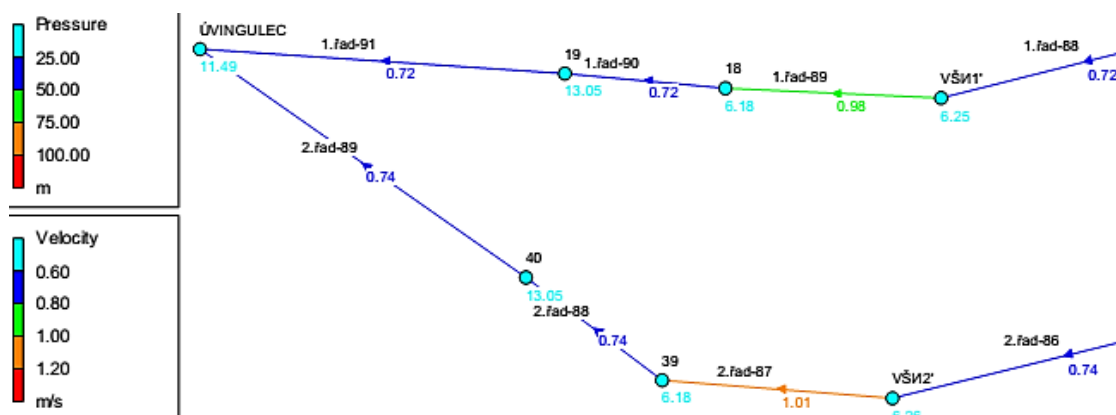
4.2.1 Modelování průtoku Q_d přivaděčem před rekonstrukcí

Z výsledků modelování je vidět, že přivaděč před rekonstrukcí 1. řadu je schopen převést maximální průtok včetně odběrů. Maximální tlak vody je 115,92 m v. sl. (1,16 MPa) v nejnižším bodě na začátku přivaděče u ČS 1. zvednutí (viz *Obr. 4.5*). Přivaděč je postaven z ocelových trubek tlakové třídy PN 16, proto potrubí je schopno odolávat tlaku 1,16 MPa.



Obr. 4.5. Maximální tlak vody a rychlosti na začátku přivaděče Dnipro-Mykolajiv

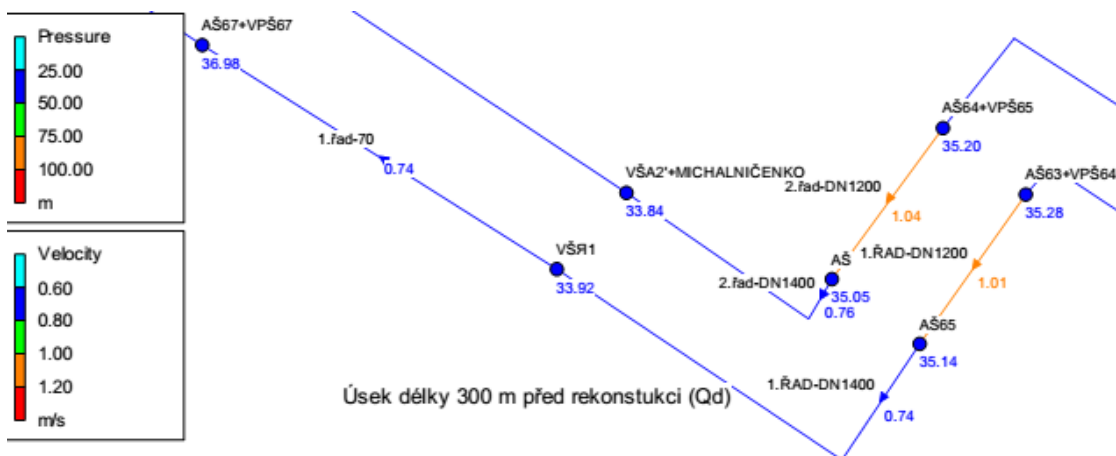
Tlak vody na vtoku na úpravnu vody Ingulec je 11,49 m v. sl. (0,115 MPa) (viz Obr. 4.6) a tato hodnota vyhovuje požadavkům Mykolajivvodokanal, protože žádaný tlak na konci potrubí je 0,02 až 0,04 MPa.



Obr. 4.6. Tlak vody a rychlosti v přivaděči na vtoku na úpravnu vody Ingulec

Rychlosti proudění vody v přivaděči klesají z hodnot 0,81 m/s pro 1. řad a 0,84 m/s pro 2. řad na začátku přívodního potrubí u čerpací stanice 1. zvednutí (viz Obr. 4.5) na hodnoty 0,72 m/s pro 1. řad a 0,74 m/s pro 2. řad na vtoku na úpravnu vody Ingulec (viz Obr. 4.6). Uvedené rychlosti nevyhovují nařízení ДБН В.2.5.-74:2013 čl. 11, odst. 11.8, tab. 36, podle kterého hodnoty rychlosti pro potrubí průměru nad 700 mm musí být v mezích od 1,5 do 4,0 m/s.

Hodnoty tlaků v místě před předpokládanou rekonstrukcí úseku 1. řadu přivaděče jsou v rozmezí od 33,92 m v. sl. (0,34 MPa) do 35,14 m v. sl. (0,37 MPa) (viz Obr. 4.7), proto pro rekonstrukci můžeme použít polyetylenové trubky tlakové třídy PN 10.



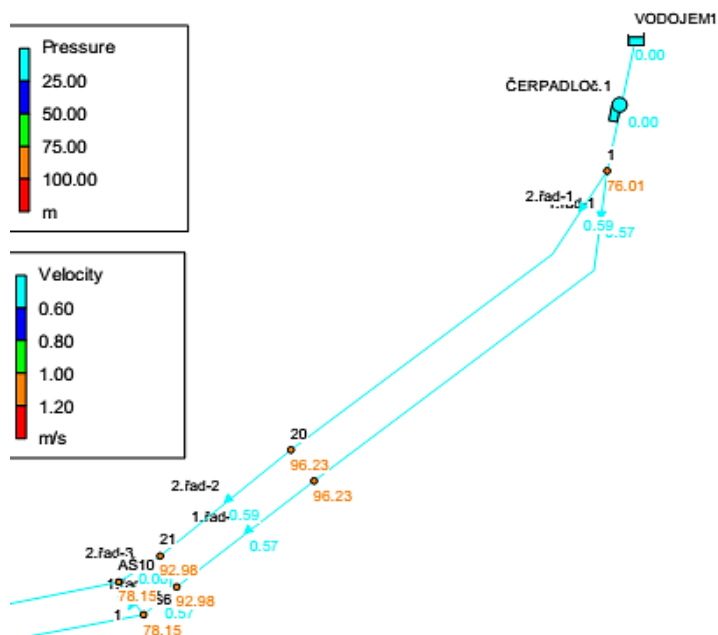
Obr. 4.7. Tlaky vody a rychlosti v přivaděči v místě předpokládané rekonstrukce

Rychlost proudění vody v úseku potrubí DN 1 400 délky 300 m 1. řadu za převedení Q_d je 0,74 m/s (viz Obr. 4.7), což nevyhovuje nařízení ДБН В.2.5.-74:2013 čl. 11, odst. 11.8, tab. 36.

4.2.2 Modelování průtoku $Q_{hav.}$ přivaděčem před rekonstrukcí

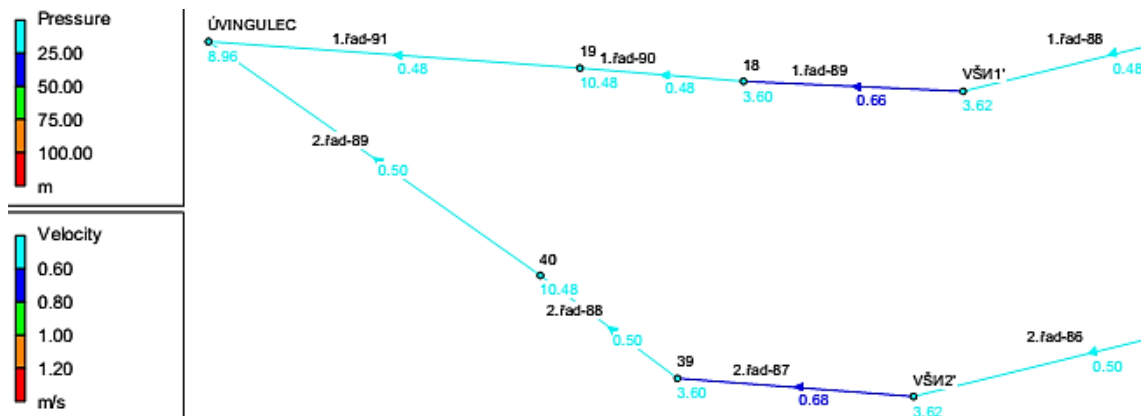
Z výsledků modelování je vidět, že přivaděč před rekonstrukcí 1. řadu je schopen převést havarijní průtok při odstavce úseku druhého řadu za poklesu tlaku a za zvýšení rychlosti proudění v úseku prvního řadu, který zajišťuje převedení 100 % $Q_{hav.}$.

Maximální tlak vody v nejnižším bodě přivaděče při převedení havarijního průtoku je 96,23 m v. sl. (0,96 MPa) (viz Obr. 4.8).



Obr. 4.8. Maximální tlak vody a rychlosti na začátku přivaděče v případě havárie

Tlak vody na vtoku na úpravnu vody Ingulec je 8,96 m v. sl. (0,09 MPa) (viz Obr. 4.9), což vyhovuje požadavkům Mykolajivvodokanalů.

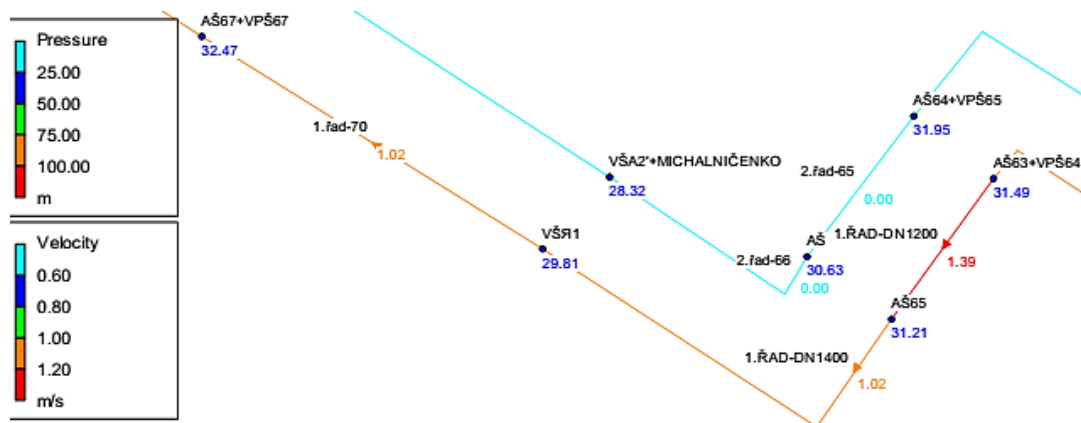


Obr. 4.9. Tlak vody a rychlosti v přivaděči na vtoku na úpravnu vody Ingulec v případě havárie

Při převedení havarijního průtoku rychlosti proudění vody v přivaděči klesají z hodnot 0,57 m/s pro 1.řad a 0,59 m/s pro 2.řad na začátku přívodního potrubí u čerpací stanice 1. zvednutí (viz Obr. 4.8) na hodnoty 0,48 m/s pro 1.řad a 0,50 m/s pro 2.řad na

vtoku na úpravnu vody Ingulec (viz Obr. 4.9). Uvedené rychlosti nevyhovují nařízení ДБН В.2.5.-74:2013 čl. 11, odst. 11.8, tab. 36.

V případě odstávky sekce druhého řadu dojde k poklesu tlaku na úseku prvního řadu, kterým bude zajištěn obtok vody, kvůli zvýšení v něm tlakových ztrát. V tomto případě hodnoty tlaků v místě předpokládané rekonstrukce budou v rozmezí od 29,81 m v. sl. (0,34 MPa) do 31,21 m v. sl. (0,37 MPa) (viz Obr. 4.10), proto pro rekonstrukci můžeme použít polyetylenové trubky tlakové třídy PN 10.



Obr. 4.10. Tlaky vody a rychlosti v 1. řadu přivaděči v místě rekonstrukce

Kvůli převedení 100 % $Q_{hav.}$ rychlost proudění vody v úseku potrubí DN 1 400 prvního řadu stoupne na hodnotu 1,02 m/s (viz Obr. 4.10), která taky nevyhovuje nařízení ДБН В.2.5.-74:2013 čl. 11, odst. 11.8, tab. 36, ale to znamená, že při provedení rekonstrukce může dojít ke zmenšení světlosti potrubí za cenu zvýšení rychlosti proudění v tomto úseku, ale její hodnota bude v mezích stanovených ДБН В.2.5.-74:2013.

4.3 Návrh rekonstrukce zvoleného úseku 1. řadu přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv

Na základě analýzy stávajícího stavu přivaděče, hloubek uložení potrubí a terénních podmínek v místě předpokládané rekonstrukce byla zvolena pro rekonstrukci havarijního úseku prvního řadu bezvýkopová metoda Reliningu (bez trhání).

Stávající úsek ocelového potrubí délky 300 m průměru 1 420 mm 1. řadu bude bezvýkopově zrekonstruován vyložkováním souvislým polyetylenovým potrubím PE100-SDR17-1200/71,1 tlakové třídy PN 10 podle ДСТУ Б.Б.2.7-151:2008.

Jednotlivé PE trouby budou svařovány na tupo do souvislého svařence, který bude inverzně zatahován dovnitř stávajícího předem vyčištěného ocelového potrubí. V místě rekonstrukce je lomový bod, který je tvořen ocelovým kolenem, proto v tomto místě práce

budou probíhat v otevřeném výkopu, který bude sloužit taky pro inverzi svařenců směrem k vzdušnickové šachtě č. Я1 a k armaturní šachtě č. 65. Polyetylenové koleno bude spojeno se vtaženými svařinci pomocí dvou elektrospojek PE100-SDR17-1200.

Lomový bod bude zajištěn proti posunutí železobetonového kotevního bloku, který zachytí síly vznikající od tření vody v potrubích a od zúžení průřezu potrubí a které mohou vznikat při uzavírání šoupátek a při změně teploty vody, která vyvolá v PE potrubích změnu délky, kvůli vysokému koeficientu tepelné roztažnosti.

Napojení vtaženého polyetylenového potrubí na stávající ocelové potrubí přivaděče bude provedeno ve stávající vzdušnickové a armaturní šachtě pomocí přírubových spojů tvořených přírubami na nově instalovaných kompenzátorech a lemovými nákrážky s přírubami na PE potrubích. Lemový nákrážek se svaří s PE potrubím elektrospojkami. Ze šachet budou dočasně demontovány stropní desky, které budou znovu osazeny po dokončení veškerých prací.

V armaturní šachtě AŠ 65 stávající příruba v šachtě bude nahrazena novou ocelovou varnou přírubou DN 1 200 PN 16 podle ДСТУ 12820-80, která bude předem posunuta směrem k železnici za účelem umístění všech armatur a tvarovek v šachtě. Stávající kovovětšnickí litinové šoupátko 30ч930б DN 1 200 s nestoupajícím vřetenem (viz Obr. 4.11) bude nahrazeno novou uzavírací klapkou HAWLE DN 1 200 PN 16 s hydrodynamickým diskem a s ovládání ručním kolem prostřednictvím čelního převodu podle ГОСТ 13547-79 (viz Obr. 4.12). V šachtě taky bude instalován přírubový ucpávkový jednosměrný kompenzátor T 1.45 DN 1 200 PN 16 podle TP 4.903-10 díl 7 (viz Obr. 4.18) pro eliminaci tepelné roztažnosti polyetylenového potrubí.



Obr. 4.11. Stávající kovovětšnickí litinové šoupátko 30ч930б DN 1 200 v armaturní šachtě č. 65



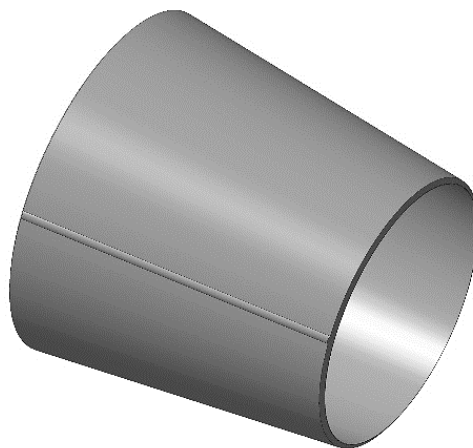
Obr. 4.12. Uzavírací klapka HAWLE DN 1 200 PN 16 s hydrodynamickým diskem a s ovládání ručním kolem

Ve vzdušnickové šachtě č. Я1 (viz Obr. 4.13) bude vyřezán kus stávajícího ocelového potrubí a na jedné stráně k stávající trubce bude přivařena koncentrická varná

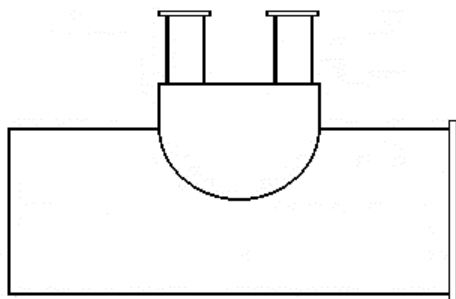
redukce TC-585-34 DN 1 400 × DN 1 200 PN 16 podle ГOCT 17378-2001 (viz *Obr. 4.14*) ke které se pak přivaří ocelový T-kus DN 1200/1000 PN 16 podle ГOCT 17378-2001 jednostranně opatřený přírubou DN 1 200 (pozn. odbočení DN 1000 bude nahrazeno sběračem vzduchu se dvěma přírubovými F-kusy DN 100) (viz *Obr. 4.15*). Na F-kusy bude osazeno dva krátká litinová šoupátka s přírubami HAWLE DN 100 PN 16 podle ГOCT 5762-2002 (viz *Obr. 4.16*) a k jednomu z nich bude připojen litinový automatický dynamický zavzdušňovací a odvzdušňovací ventil ÖZ-KAN HAWLE DN 100 PN 0,5-16 podle TY Y 29.1-03326877-003:2006 (viz *Obr. 4.17*). Na T-kus bude napojen přírubový ucpávkový jednosměrný kompenzátor T 1.45 DN 1 200 PN 16 podle ТИ 4.903-10 (viz *Obr. 4.18*). Napojení konce polyetylenového potrubí na kompenzátor bude provedeno pomocí lemového nákrůžku s přírubou. PE lemový nákrůžek se svaří s novým PE potrubím pomocí elektrospojky.



Obr. 4.13. Stávající sběrač vzduchu ve vzdušnickové šachtě Я1 na potrubí DN 1 400 prvního řadu přivaděče



Obr. 4.14. Ocelová koncentrická varná redukce TC-585-34 DN 1 400 × DN 1 200 PN 16 podle ГOCT 17378-2001



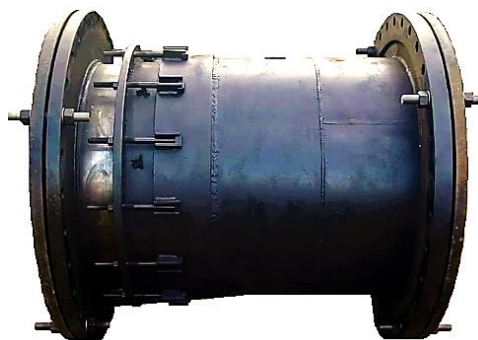
Obr. 4.15. Schéma varného T-kusu se sběračem vzduchu a jednostranně opatřeného přírubou DN 1 200



Obr. 4.16. Krátké litinové šoupátko s přírubami HAWLE DN 100 PN 16 podle ГOCT 5762-2002



Obr. 4.17. Litinový automatický dynamický zavzdušňovací a odvzdušňovací ventil ÖZ-KAN HAWLE DN 100 PN 0,5-16



Obr. 4.18. Přírubový ucpávkový a jednosměrný kompenzátor T 1.45 DN 1 200 PN 16 podle TII 4.903-10 díl 7

Rekonstrukce zvoleného úseku 1. řadu přivaděče proběhne v souladu s navrženým kladečským schématem (viz Příloha č. 11)

Převedení potřebného průtoku surové vody pro uspokojení potřeb v pitné vodě města Mykolajeva a průmyslu po celou dobu trvání rekonstrukce bude zajištěno úsekem 2. řadu přivaděče mezi přepínacími komorami č. 58, 60, 62 a č. 73, 74, 75, 76, 77, 78. Trasa obtoku včetně místa rekonstrukce je znázorněna na podrobné situaci úseku přivaděče Dnipro-Mykolajiv se staničením od 48,58 km do 59,00 km (viz Příloha č. 3).

4.4 Stanovení parametrů přivaděče po navržené rekonstrukci

4.4.1 Výpočet specifického odporu úseku potrubí po rekonstrukci

Stanovíme specifické odpory úseku 1. řadu přivaděče po navržené rekonstrukci, pomocí empiricky odvozeného vzorce 4.10 pro výpočet specifického odporu na 1 m běžný délky PE potrubí při rychlostech proudění $v \neq 1$ m/s [28]:

$$A_{t,PE} = \frac{0,00111}{v^{0,226} \times d_p^{5,226}} \quad (4.10)$$

kde $A_{t,PE}$ - specifický odpor na 1 m běžný délky PE potrubí, [$s^2 \cdot m^{-6}$];

v - rychlost proudění vody v potrubí, [$m \cdot s^{-1}$];

d_p - vnitřní průměr potrubí, [m];

Specifický odpor potrubí je závislý na rychlostech proudění vody, které jsou závislé na průtocích, proto pro výpočet specifických odporů stanovíme v tabulce 4.15 rychlosti proudění v úseku po předpokládané rekonstrukci v závislosti na průtocích včetně převedení 100 % $Q_{hav.}$ v případě odstávky sekce 2. řadu přivaděče.

Tab. 4.15. Výpočty rychlosti proudění vody po rekonstrukci úseku 1. řadu přivaděče

	$0,5 \cdot Q_d =$ 4 500 m ³ /h = 1,250 m ³ /s	$0,5 \cdot Q_p =$ 3 450 m ³ /h = 0,96 m ³ /s	$0,5 \cdot Q_{min} =$ 1 600 m ³ /h = 0,44 m ³ /s	$Q_{hav.} =$ 6 300 m ³ /h = 1,750 m ³ /s
Vnitřní průměr potrubí, m	Rychlost proudění, v , [m.s ⁻¹]			
Rekonstruovaný úsek 1. řadu				
1,058	1,422	1,090	0,506	1,991

Na základě stanovených rychlostí spočítáme specifické odpory PE potrubí včetně odporu při převedení 100 % $Q_{hav.}$ podle vzorce 4.10. Výpočet provedeme v tabulce 4.16.

Tab. 4.16. Výpočty specifických odporů potrubí po rekonstrukci na 1 bm délky

	$0,5 \cdot Q_d =$ 4 500 m ³ /h = 1,250 m ³ /s	$0,5 \cdot Q_p =$ 3 450 m ³ /h = 0,96 m ³ /s	$0,5 \cdot Q_{min} =$ 1 600 m ³ /h = 0,44 m ³ /s	$Q_{hav.} =$ 6 300 m ³ /h = 1,750 m ³ /s
Vnitřní průměr potrubí, m	Specifický odpor potrubí na 1 bm délky, A_r , [s ² .m ⁻⁶]			
Rekonstruovaný úsek 1. řadu				
1,058	0,000764	0,000811	0,000965	0,000708

4.4.2 Výpočet tlakových ztrát v 1. řadu přivaděče po rekonstrukci

Výpočet tlakových ztrát můžeme vest pouze pro 1. řad přivaděče, protože kvůli rekonstrukci dojde ke změnám specifických odporů. Ztráty v 2. řadu přivaděče se nemění.

Výpočty ztrát v 1. řadu provedeme podle vzorce 4.7 v tabulkách 4.17 a 4.18 pro všechny průtoky včetně převedení havarijního průtoku v případě odstávky sekce 2. řadu.

Tab. 4.17. Výpočty tlakových ztrát v 1. řadu přivaděče po rekonstrukci

Pracovní režim	$Q_{celk.}$ [l.s ⁻¹]	$Q_1.$ [m ³ .s ⁻¹]	$Q_1.^2$ [m ⁶ .s ⁻²]	$S_{1.} = A_{t,1.} \times L_{1.}$ [s ² .m ⁻⁵]	$h_{1.} = 1,2 \times S_{1.} \times Q_1.^2$ [m]
Potrubí DN 1 400, L = 72 295 m					
Q_d	2 500	1,250	1,563	24,604941	46,060
Q_p	1 917	0,958	0,918	25,686646	28,263
$Q_{min.}$	889	0,444	0,198	29,915831	7,080

Potrubí DN 1 200, L = 405 m					
Q_d	2 500	1,250	1,5625	0,303767	0,475
Q_p	1 917	0,958	0,9178	0,315145	0,290
$Q_{min.}$	889	0,444	0,1971	0,360925	0,071
Potrubí PE 100 DN 1 200, L = 300 m					
Q_d	2 500	1,250	1,5625	0,229261	0,359
Q_p	1 917	0,958	0,9178	0,243450	0,224
$Q_{min.}$	889	0,444	0,1971	0,289618	0,057
$\sum h_{1.,Qd}$					46,535
$\sum h_{1.,Qp}$					28,553
$\sum h_{1.,Qmin.}$					7,151

Tab. 4.18. Výpočty tlakových ztrát v 1. řadě po rekonstrukci v případě havárie na úseku
2. řadě mezi přepínacími komorami č. 58, 60, 62 a č. 73, 74, 75, 76, 77, 78

Pracovní režim	$Q_{celk.}$ [l.s ⁻¹]	Q_1 [m ³ .s ⁻¹]	Q_1^2 [m ⁶ .s ⁻²]	$S_{1.} =$ $A_{t,1.} \times L_1$ [s ² .m ⁻⁵]	$h_{1.} =$ $1,2 \times S_{1.} \times Q_1^2$ [m]
Potrubí DN 1 400, L = 62 350 m					
$Q_{hav.}$	1 750	0,875	0,766	22,508863	20,177
Potrubí DN 1 200, L = 260 m					
$Q_{hav.}$	1 750	0,875	0,766	0,205127	0,157
Potrubí DN 1 400, L = 9945 m					
$Q_{hav.}$	1 750	1,75	3,063	3,229568	10,160
Potrubí DN 1 200, L = 145 m					
$Q_{hav.}$	1 750	1,75	3,063	0,107942	0,331
Potrubí PE 100 DN 1 200, L = 300 m					
$Q_{hav.}$	1 750	1,75	3,063	0,212474	0,651
$\sum h_{1.,Qhav.}$					30,825

Za účelem vytvoření grafické charakteristiky přivaděče stanovíme střední hodnoty odporů celého přivaděče po předpokládané rekonstrukci úseku prvního řadu pro odpovídající průtoky. Střední hodnoty odporů jsou uvedeny v tabulce 4.19.

Tab. 4.19. Střední hodnoty odporů potrubí přivaděče po rekonstrukci 1.řadu

Průtok přivaděčem, m ³ /s		Střední hodnota odporu přivaděče po rekonstrukci 1. řadu, S _{stř_rekons.} , [s ² .m ⁻⁵]
Q _d	2,500	24,923662
Q _p	1,913	26,020723
Q _{min.}	0,889	30,305662
Q _{hav.}	1,750	26,128011

4.4.3 Grafická charakteristika přivaděče po rekonstrukci

Po rekonstrukci ztráty v sacím a výtlačném potrubích ČS 1. zvednutí a geodetická dopravní výška čerpadel zůstanou beze změn (viz. Kap. 2.1.4.). Kvůli změnám odporů přivaděče dojde ke změně celkového odporu soustavy ČS 1. zvednutí + přivaděč Dnipro-Mykolajiv a ke změně dopravní výšky čerpadla, proto tyto hodnoty přepočítáme.

$$S_{rekons.} = \sum S + S_{stř_rekons.} = 0,1689 + 0,6307 + 24,923662 = 25,723260 \text{ s}^2/\text{m}^5$$

Dopravní výšku čerpadla za maximálního průtoku spočítáme podle vzorce 4.8:

$$H = H_G + h_{n_rekons.} + h_{čs} = 41,4 + 46,535 + 1,248 = 89,183 \text{ m}$$

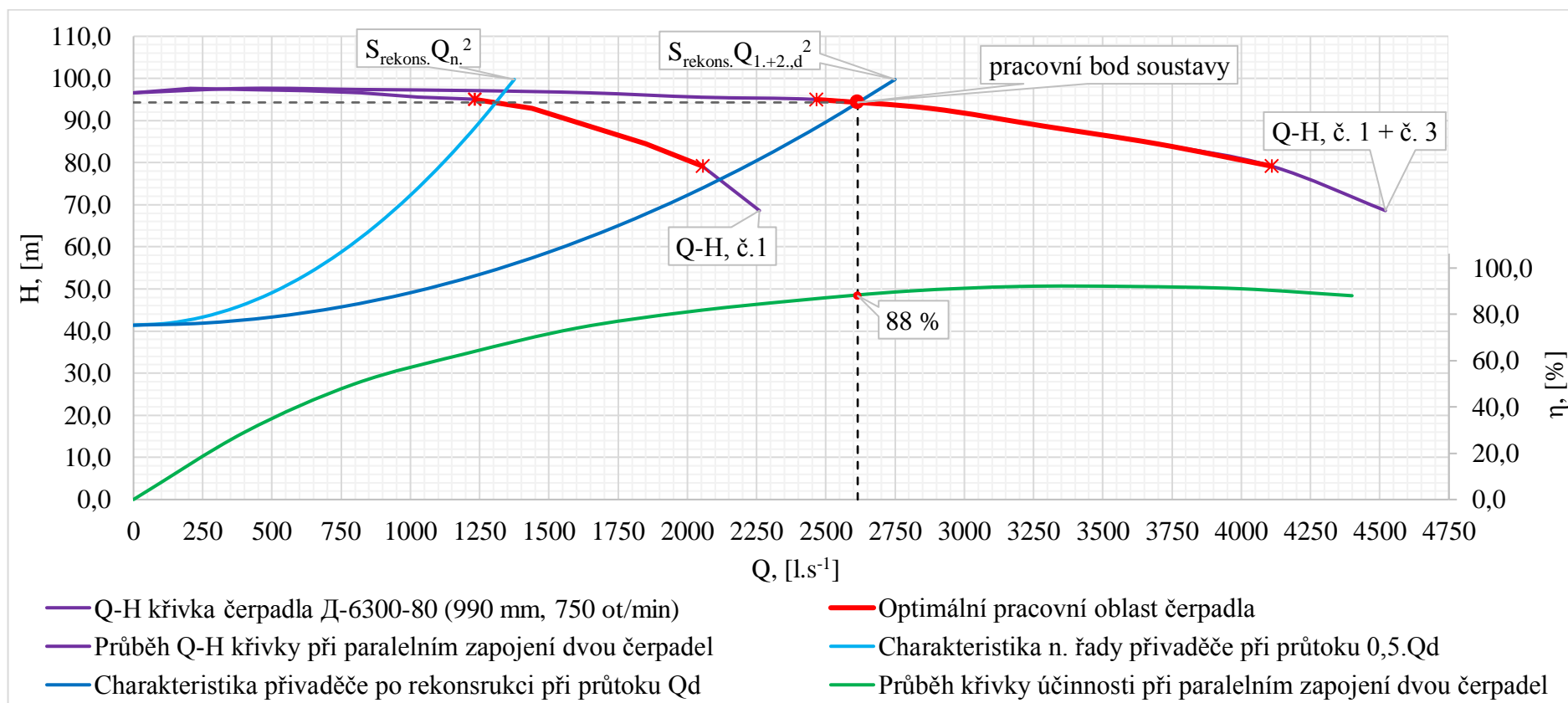
Vyneseme charakteristiku přivaděče po rekonstrukci 1. řadu do grafu Q-H křivky dvou paralelně zapojených čerpadel typu Д-6300-80 při průtoku přivaděčem 9 000 m³/h (viz Obr. 4.19) pomoci Tab. 4.20 a charakteristiku přivaděče po rekonstrukci 1. řadu do grafu Q-H křivky čerpadla typu Д-6300-80 při havarijním průtoku přivaděčem 6 300 m³/h před rekonstrukcí 1. řadu (viz Obr. 4.20) pomoci Tab. 4.21.

Tab. 4.20. Stanovení bodů za účelem vnesení charakteristiky přivaděče po rekonstrukci 1. řadu do grafu Q-H křivky čerpadel Д-6300-80

Bod č.	Průtok		Q _{n.} ² [m ⁶ .s ⁻²]	S _{rekons.} , [s ² .m ⁻⁵]	h _{soust.} = 1,2 × S × Q _{n.} ² [m]	H _G , [m]	H = H _G + h _{soust.} [m]
	Q _{celk.} , [L.s ⁻¹]	Q _{n.} , [m ³ .s ⁻¹]					
1	500	0,250	0,063	25,723260	1,929	41,4	43,329
2	1 000	0,500	0,250		7,717		49,117
3	1 500	0,750	0,563		17,363		58,763
4	2 000	1,000	1,000		30,868		72,268
5	2 500	1,250	1,563		48,231		89,631

Tab. 4.21. Stanovení bodů za účelem vynesení charakteristiky přivaděče po rekonstrukci
1. řadu do grafu Q - H křivky čerpadla Д-6300-80 v případě havárie

Bod č.	Průtok		Q_n^2 [m ⁶ .s ⁻²]	$S_{po_rekons.}$ [s ² .m ⁻⁵]	$h_{soust.} =$ $1,2 \times S \times Q_n^2$ [m]	H_G [m]	$H = H_G + h_{soust.}$ [m]
	$Q_{celk.}$ [l.s ⁻¹]	Q_n [m ³ .s ⁻¹]					
1	350	0,175	0,0306	26,928436	0,990	41,4	42,390
2	700	0,350	0,1225		3,958		45,358
3	1 050	0,525	0,2756		8,907		50,307
4	1 400	0,700	0,4900		15,834		57,234
5	1 750	0,875	0,7656		24,741		66,141
6	2 100	1,050	1,1025		35,626		77,026

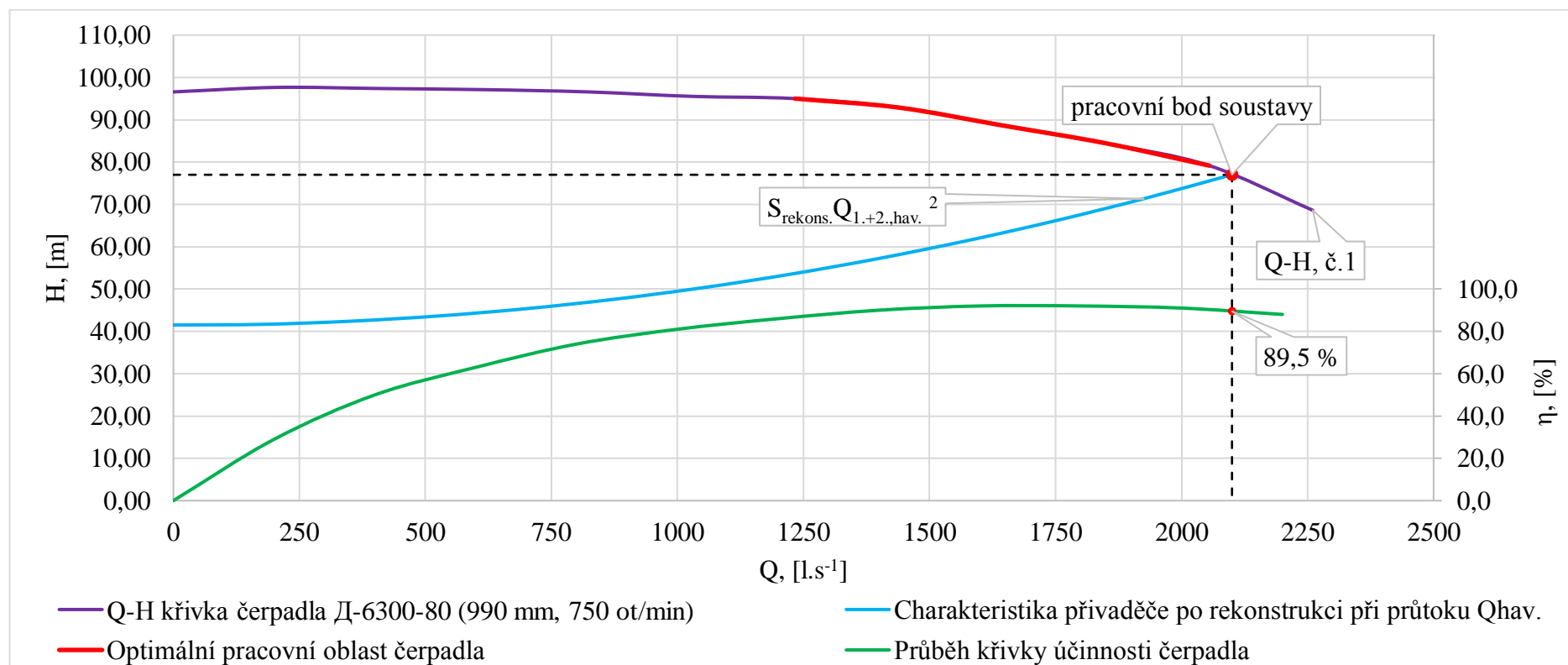


Obr. 4.19. Grafická charakteristika přivaděče Dnipro-Mykolajiv po navržené rekonstrukci 1. řadu při maximálním požadovaném průtoku $9\ 000\ m^3/h$ vynesena do Q-H křivky čerpadel D-6300-80 (990 mm, 750 ot/min) při jejich paralelním zapojení

Pozn.: Q_n - průtok jedním řadem přivaděče $0,5.Q_d$;

$Q_{1+2,d}$ - maximální denní průtok prvním a druhým řadem přivaděče;

Q-H, č. 1 + č. 3 - křivka dvou paralelně zapojených čerpadel D-6300-80, čísla odpovídají číslování čerpadel v ČS 1. zvednutí (viz Obr. 3.13).



Obr 4.20. Grafická charakteristika přivaděče Dnipro-Mykolajiv po navržené rekonstrukci 1. řadu při havarijním průtoku $6\,300\,m^3/h$ vynesena do Q - H křivky čerpadla Д-6300-80 (990 mm, 750 ot/min)

Pozn.: $Q_{1+2,hav}$ - havarijní průtok prvním a druhým řadem přivaděče;

Q-H, č. 1 - charakteristika čerpadla Д-6300-80, číslo odpovídá číslování čerpadel v ČS 1. zvednutí (viz Obr. 3.13).

Je vidět, že v případě zajištění havarijního průtoku čerpadlo pracuje ne v optimálním režimu, ale s ohledem na to, že je to dočasný stav můžeme nechat čerpadlo pracovat v tomto režimu nebo zvětšit odpor soustavy přivřením šoupátka na výtlačném potrubí čerpadla.

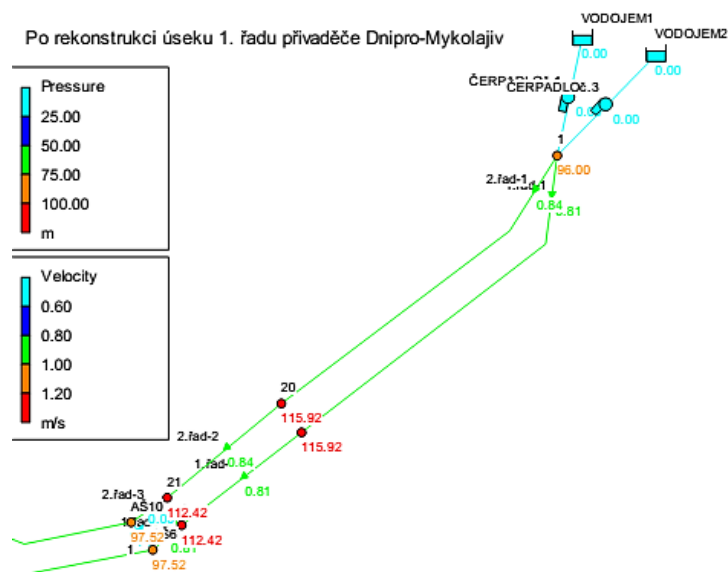
4.5 Hydraulický model přivaděče Dnipro-Mykolajiv po rekonstrukci v programu Epanet 2.2

Na základě stanovených parametrů soustavy čerpací stanice 1. zvednutí + přivaděč Dnipro-Mykolajiv po navržené rekonstrukci 1. řadu v programu Epanet 2.2 byl vytvořen hydraulický model přívodního potrubí (viz *Příloha č. 10*). Pomocí hydraulického modelu byly simulovány dva zatěžovací stavy potrubí a to převedení přivaděčem maximálního denního průtoku Q_d a havarijního průtoku $Q_{hav.}$, převedení kterého zajistí v případě odstávky úseku 2. řadu sekce prvního řadu na které leží úsek trubního vedení pro který byla rekonstrukce navržena.

V hydraulickém modelu jsou simulovány odběry vody třiceti soukromými podniky za účelem zavlažování v množství 9,1 l/s jedním odběratelem a taky dva odběry ve výši 10,75 l/s pro uspokojení potřeb průmyslového závodu ze zpracování rajčat Oranic Systems.

4.5.1 Modelování průtoku Q_d přivaděčem po rekonstrukci

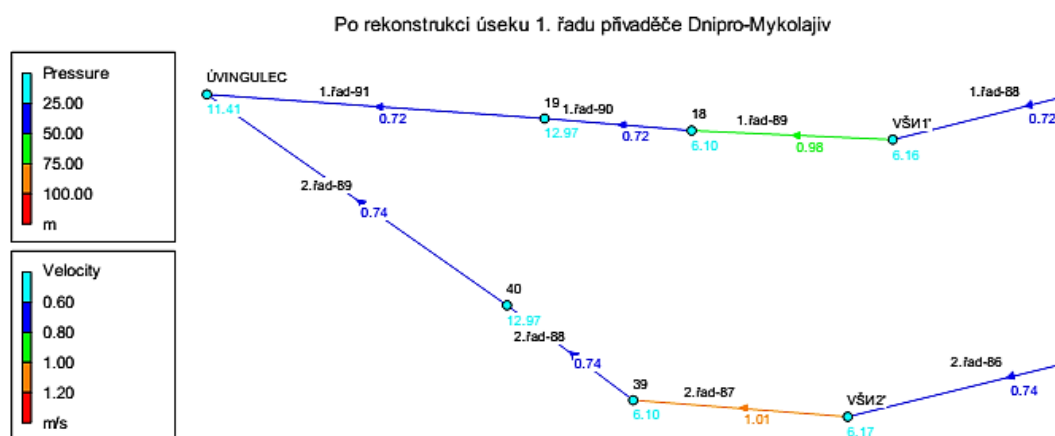
Z výsledků modelování je vidět, že přivaděč po předpokládané rekonstrukci úseku potrubí 1. řadu bude schopen převést maximální průtok včetně odběrů. Navržená rekonstrukce části 1. řadu neovlivní rychlosti a tlaky na začátku přivaděče. Jejich hodnoty zůstanou stejné jak i před rekonstrukcí (viz *Obr. 4.5 a 4.21*).



Obr. 4.21. Maximální tlak vody a rychlosti v na začátku přivaděče po rekonstrukci

Po předpokládané rekonstrukci 1. řadu dojde k poklesu tlaku v obou řadech na vtoku na ÚV Ingulec. Tak tlak na vtoku na úpravnu vody klesne z hodnoty

11,49 m v. sl. (0,115 MPa) (viz *Obr. 4.6*) na hodnotu 11,41 m v. sl. (0,114 MPa) (viz *Obr. 4.22*), ale tato hodnota uspokojuje požadavky vodáren města Mykolajeva.



Obr. 4.22. Tlak vody a rychlosti v přivaděči po rekonstrukci na vstupu na ÚV Ingulec

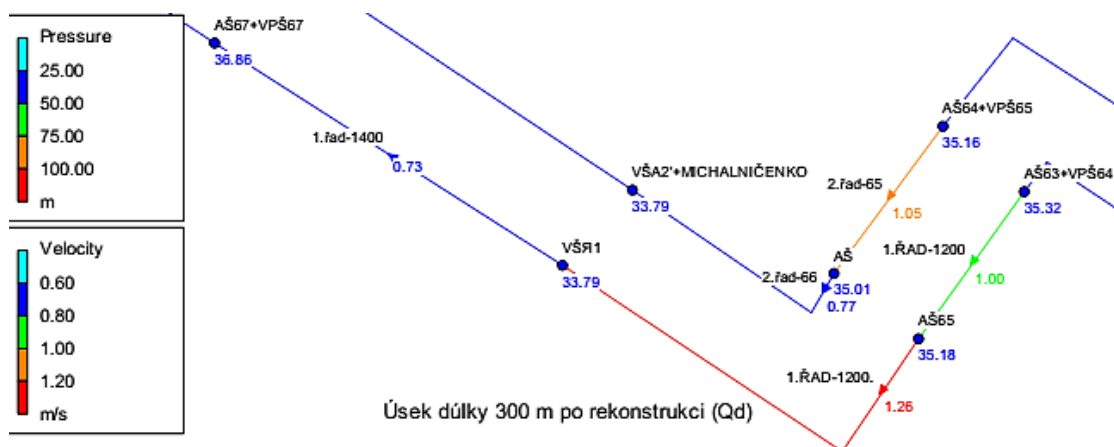
Rychlostí proudění v potrubích na vstupu na ÚV Ingulec nebudou ovlivněny navrženou rekonstrukcí (viz *Obr. 4.6 a 4.22*).

V místě navržené rekonstrukce změna světlosti potrubí 1. řadu ovlivní rychlostní a tlakové poměry. Tak dojde ke zvětšení tlaku vody v prvním řadu před rekonstruovaným úsekem z hodnot 35,28 m v. sl. v armaturní šachtě č. 63 a 35,14 m v. sl. v armaturní šachtě č. 65, které byly stanoveny před návrhem rekonstrukce (viz *Obr. 4.7*) na hodnoty 35,32 m v. sl. v AŠ 63 a 35,18 m v. sl. v AŠ 65 (viz *Obr. 4.23*). Naopak za rekonstruovaným úsekem směrem k úpravně vody se dá očekávat pokles tlaku z hodnot 33,92 m v. sl. ve vzdušnickové šachtě č. Я1 a 36,98 m v. sl. v armaturní šachtě č. 67, které byly stanoveny před návrhem rekonstrukce (viz *Obr. 4.7*), na hodnoty 33,79 m v. sl. ve VŠ Я1 a 36,86 m v. sl. v AŠ 67 (viz *Obr. 4.23*).

Navržená rekonstrukce ovlivní tlaky i v 2. řadu přivaděče surové vody. Tak v druhém řadu, který je souběžný s prvním řadem u místa rekonstrukce dojde k nepatrnému zvýšení tlaku vody v potrubí o čtyři setiny m v. sl. (viz *Obr. 4.7 a 4.23*).

Po provedení plánované rekonstrukce dojde k výrazným změnám rychlostí v úseku 1. řadu přivaděče. Tak v sekcích 1. řadu mezi armaturními šachtami č. 63 a č. 65 i mezi vzdušnickovou šachtou č. Я1 a armaturní šachtou č. 67, které leží před a za rekonstruovaným úsekem, dojde k nepatrnému poklesu rychlosti proudění o jednu setinu (viz *Obr. 4.7 a 4.23*). Naopak v rekonstruovaném úseku délky 300 m prvního řadu rychlost proudění výrazně stoupne z hodnoty 0,74 m/s na hodnotu 1,26 m/s (viz *Obr. 4.7 a 4.23*), ale i tato hodnota neodpovídá nařízení ДБН В.2.5.-74:2013 čl. 11,

odst. 11.8, tab. 36, kde je uvedeno, že hodnoty rychlosti pro potrubí průměru na 700 mm musí být v mezích od 1,5 do 4,0 m/s.

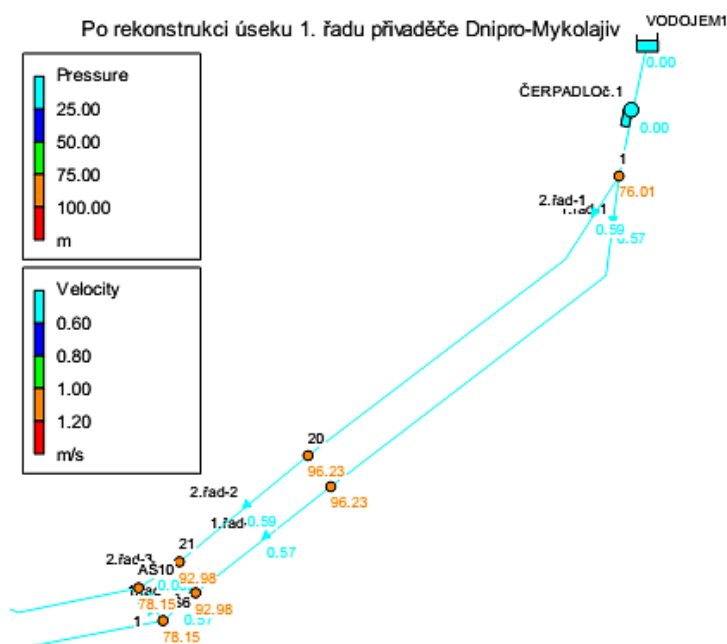


Obr. 4.23. Tlaky vody a rychlosti v přivaděči v místě po předpokládané rekonstrukci

4.5.2 Modelování průtoku $Q_{hav.}$ přivaděčem po rekonstrukci

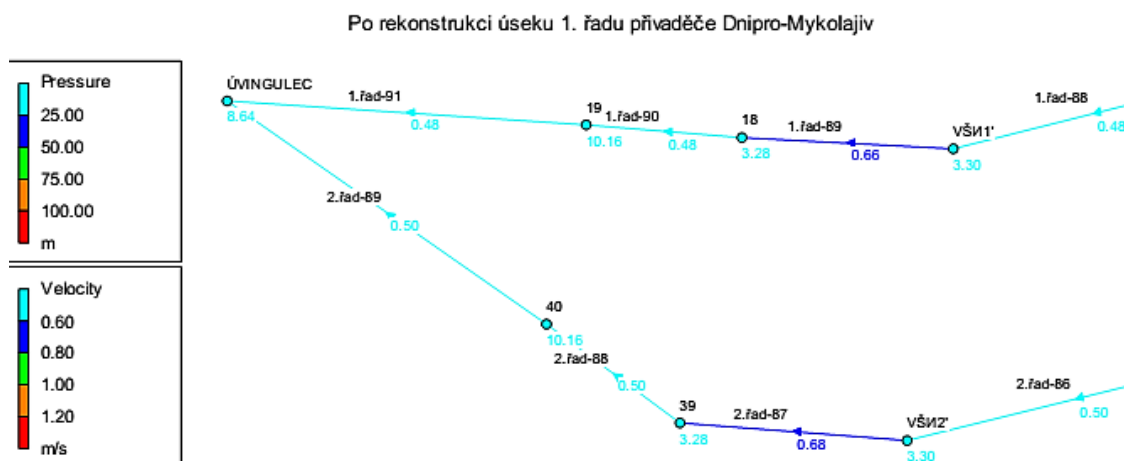
Z modelování je vidět, že přivaděč po navržené rekonstrukci úseku potrubí 1. řadu je schopen převést havarijný průtok při odstávce sekce druhého řadu za poklesu tlaku a zvýšení rychlosti proudění v rekonstruovaném úseku prvního řadu, který zajišťuje převedení 100 % $Q_{hav.}$.

Navržená rekonstrukce části potrubí 1. řadu neovlivní rychlosti a tlaky na začátku přivaděče. Jejich hodnoty zůstanou stejné jak i před rekonstrukcí (viz Obr. 4.8 a 4.24).



Obr. 4.24. Maximální tlak vody a rychlosti na začátku přivaděče po předpokládané rekonstrukci v případě havárie

Po navržené rekonstrukci úseku 1. řadu dojde k poklesu tlaku na vtoku na ÚV Ingulec. Tlak na konci přivaděče klesne z hodnoty 8,96 m v. sl. (viz *Obr. 4.9*) na hodnotu 8,64 m v. sl. (viz *Obr. 4.25*), ale tato hodnota odpovídá požadavkům vodáren, protože tlak na vtoku na úpravnu vody nesmí klesnout pod hodnotu 0,02 až 0,04 MPa.



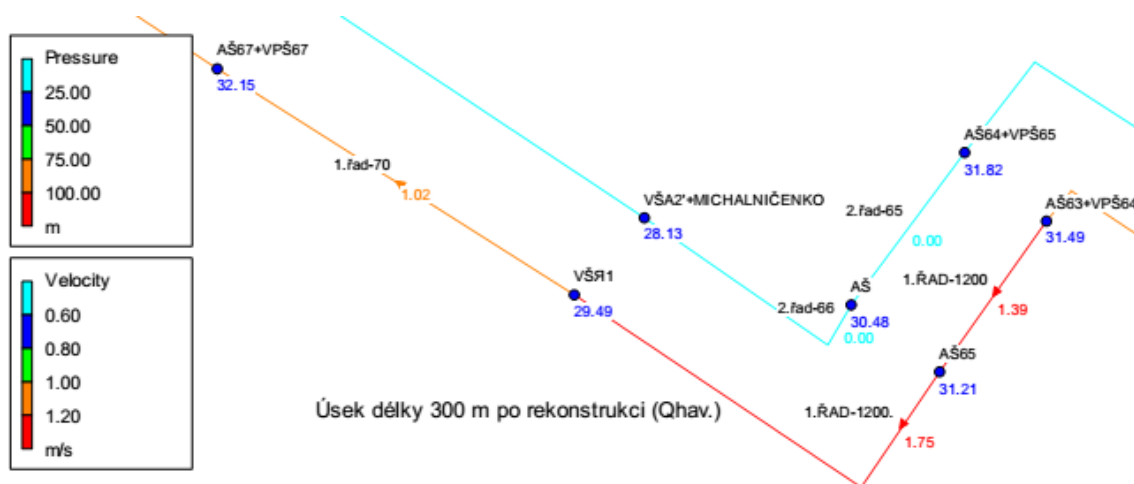
Obr. 4.25. Tlak vody a rychlosti v přivaděči po předpokládané rekonstrukci na vtoku na úpravnu vody Ingulec v případě havárie

Rychlosti proudění vody v potrubích na vtoku na úpravnu vody nebudou ovlivněny navrženou rekonstrukcí (viz *Obr. 4.9 a 4.25*).

Plánovaná rekonstrukce výrazně ovlivní rychlostní poměry v místě její provedení a tlakové poměry za rekonstruovaný úsekem při převedení 100 % havarijního průtoku. Tak tlaky vody naměřené v armaturních šachtách č. 63 a č. 65 na prvním řadu, které jsou umístěny před rekonstruovaným úsekem, v případě převedení havarijního průtoku zůstanou stejné jak i před návrhem rekonstrukce (viz *Obr. 4.10 a 4.26*). Naopak tlaky měřené ve vzdušниковé šachtě č. Я1 a v armaturní šachtě č. 67 za rekonstruovaným úsekem klesnou z hodnot 29,81 m v. sl. pro VŠ Я1 a 32,47 m v. sl. pro AŠ 67 (viz *Obr. 4.10*), které byly stanoveny před návrhem rekonstrukce, na hodnoty 29,49 m v. sl. a 32,15 m v. sl. v odpovídající šachtách (viz *Obr. 4.26*).

V blízkosti místa navrhované rekonstrukce 1. řadu dojde i k poklesu tlaku v 2. řadu přivaděče po její realizaci (viz *Obr. 4.10 a 4.26*).

V rekonstruovaném úseku dojde ke zvýšení rychlosti proudění při převedení havarijního průtoku v porovnání s rychlostí, která byla stanovena před návrhem rekonstrukce. Po rekonstrukci rychlost proudění vody bude 1,75 m/s (viz *Obr. 4.10*.) Tato hodnota je v mezích nařízených ДБН В.2.5.-74:2013 čl. 11, odst. 11.8, tab. 36, pro potrubí průměru na 700 mm, proto ji považujeme za přijatelnou.



Obr. 4.26. Tlaky vody a rychlosti v přivaděči v místě předpokládané rekonstrukce

4.6 Odolnost navrženého potrubí vůči tlakovému rázu

Vzhledem k tomu, že větší množství vzdušníků z přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv je ukradeno, v případě manipulací s šoupátky a uzavíracími klapkami nebo při výpadku čerpadel může dojít ke vzniku tlakových rázů, proto je důležité posoudit, jestli zvolené pro rekonstrukci polyetylenové potrubí bude schopno odolávat případným rázům.

Posoudíme odolnost navrženého PE potrubí vůči tlakovým rázům za rychlosti proudění vody v potrubí 1,75 m/s. Tato hodnota je maximální a je stanovená pro případ převedení havarijního průtoku.

Stanovíme rychlost šíření rázové vlny podle vzorce 4.11 [31]:

$$c = \frac{\sqrt{\frac{E_V}{\rho_V}}}{\sqrt{1 + \frac{E_V}{E_p} \times \frac{d_p}{\delta_p}}} \quad (4.11)$$

kde c - rychlost šíření rázové vlny, [m.s⁻¹];

E_V - modul objemové pružnosti vody, [Pa], ($E_V = 2,2 \times 10^9$ Pa);

E_p - modul objemové pružnosti potrubí, [Pa], ($E_p = 1,4 \times 10^9$ Pa);

ρ_V - hustota vody, [kg.m⁻³], ($\rho_V = 1000$ kg/m³);

d_p - průměr potrubí, [mm];

δ_p - tloušťka stěny potrubí, [mm].

$$c = \frac{\sqrt{\frac{2,2 \times 10^9}{1000}}}{\sqrt{1 + \frac{2,2 \times 10^9}{1,4 \times 10^9} \times \frac{1200}{71,1}}} = 282,3 \text{ m/s}$$

Stanovíme přírůstek tlaku v potrubí při tlakovém rázu podle vzorce 4.11 [31]:

$$\Delta p = \rho_V \times c \times v_p \quad (4.12)$$

kde c - rychlost šíření rázové vlny, [m.s⁻¹];

v_p - rychlost proudění vody v potrubí, [m.s⁻¹];

$$\Delta p = 1000 \times 282,3 \times 1,75 = 494025,83 \text{ Pa} = 0,494026 \text{ MPa}$$

Stanovíme napětí, které vzniká v těle trubky podle vzorce 4.12 [31]:

$$\sigma = \frac{p \times d_p}{\delta_p \times 2} \quad (4.13)$$

kde σ - napětí v tělese trubky, [MPa];

d_p - průměr potrubí, [mm];

δ_p - tloušťka stěny potrubí, [mm].

Spočítáme napětí v potrubí při dvou zatěžovacích stavech:

- při převedení havarijního průtoku potrubím:

$$\sigma_{hav.} = \frac{0,2985 \times 1200}{71,2 \times 2} = 2,52 \text{ MPa}$$

- při vzniku tlakového rázu:

$$\sigma_{ráz} = \frac{0,494026 \times 1200}{71,2 \times 2} = 4,17 \text{ MPa}$$

Celkové napětí, které vznikne v potrubí při tlakovém rázu bude:

$$\sigma_{celk.} = 2,52 + 4,17 = 6,69 \text{ MPa}$$

Polyetylenové trubky PE100-SDR17-1200/71,1 tlakové třídy PN 10, které budou použity pro rekonstrukci zvoleného úseku mají hodnotu přípustného napětí v stěnách potrubí 8,0 MPa, která nebude překročena v případě vzniku tlakových rázu, proto trubky budou schopny odolávat takto vzniklému napětí.

4.7 Prodloužení navrženého potrubí při změně teploty vody

Polyetylenové trubky jsou velmi citlivé na změnu teploty dopravovaného media, protože mají vysoký koeficient teplotní roztažnosti, kvůli kterému dochází ke změně délky potrubí při poklesu/stoupání teploty vody.

Předpokládáme, že rekonstrukce přivaděče proběhne v letním období, proto se dá očekávat, že teplota polyetylenového potrubí před montáží bude cca + 38 °C. Maximální zaznamenaná teplota v řece Dnipro v letním období v místě jímaní je + 28 °C a minimální v zimním období je + 3 °C. Na základě těchto informací spočítáme maximální prodloužení navrženého polyetylenového potrubí podle vzorce 4.13 [32]:

$$\Delta L = \alpha \times L_{rekons.} \times \Delta T \quad (4.14)$$

kde ΔL - změna délky potrubí, [m];

α - koeficient teplotní roztažnosti, [$1 \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$], ($\alpha = 1,9 \times 10^{-4} \text{ } 1/^\circ\text{C}$);

$L_{rekons.}$ – délka rekonstruovaného úseku, [m].

ΔT - maximální rozdíl teplot potrubí a dopravované vody, [$^\circ\text{C}$].

Protože v místě rekonstrukce existuje lomový bod, proto inverze PE potrubí proběhne dvěma úseky délky 280 m a 20 m.

Spočítáme maximální zmenšení délky polyetylenového potrubí za maximálního poklesu teploty.

$$\Delta L_1 = 1,9 \times 10^{-4} \times 280 \times (38 - 3) = 1,862 \text{ m}$$

$$\Delta L_2 = 1,9 \times 10^{-4} \times 280 \times (38 - 3) = 0,133 \text{ m}$$

Je vidět, že pro kratší úsek PE potrubí změna délky bude maximálně 0,133 m, což netvoří problém, protože navržený k instalaci v armaturní šachtě č. 65 ucpávkový kompenzátor T 1.45 je schopen eliminovat změnu délky potrubí do 350 mm.

Větší problém se zkracováním polyetylenového potrubí nastává pro delší úsek, kde kompenzátor nedokáže eliminovat zkrácení svařence o 1,862 m, proto abychom předešli možným problémům po montáži potrubí je třeba svařenec délky 280 m před instalací naplnit vodou o teplotě cca 10 °C. Nechat teplotu ustálit pro celý úsek potrubí a doplnit svařenec sekci délky 1,5 m. Tím jsme částečně kompenzujeme změnu délky. Taky nahradíme zvolený v kapitole 4.3 k instalaci ve vzdušnickové šachtě č. Я1 ucpávkový kompenzátor T 1.45 kompenzátozem T 1.46, který dokáže eliminovat změnu délky potrubí do 600 mm.

$$\Delta L_{1.dop} = 1,9 \times 10^{-4} \times 280 \times (10 - 3) = 0,3724 \text{ m}$$

$$\Delta L_{dop} = \Delta L_1 - \Delta L_{1.dop} = 1,862 - 0,3724 = 1,4896 \text{ m} \approx 1,5 \text{ m}$$

5 VÝSLEDKY DIPLOMOVÉ PRÁCE

Během zpracování diplomové práce bylo provedeno posouzení a vyhodnocení technického stavu přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv. Na základě této analýzy lze hodnotit celkový technický stav přivaděče jako uspokojivý. Přívodní potrubí je schopno zajistit všechny požadované Mykolajivvodokanalem průtoky za odpovídajících tlaků. Odporů soustavy čerpací stanice 1. zvednutí + přivaděč Dnipro-Mykolajiv jsou v přijatelných mezích a čerpadla, která jsou instalována v čerpací stanici pracují v optimálním režimu za převedení maximálního denního průtoku v hodnotě 9 000 m³/h. Informace technického ředitele Mykolajivvodokanalu ohledně nemožnosti zajištění požadovaného maximálního průtoku přivaděčem může souviset se zavzdušněním části průtočného profilu potrubí, kvůli absenci odvzdušňovacích ventilů, které byly ukradeny zloději, proto je třeba provést obnovu systému odvzdušňování a zavzdušňování prvního a druhého řadu přivaděče.

Informace ohledně nevyhovujícího technického stavu úseku potrubí délky 300 m prvního řadu přivaděče u vesnice Myrné v Cherson'ské oblasti odpovídá skutečnosti. Potrubí v tomto místě je v havarijním stavu a potřebuje neodkladné rekonstrukce. Kvůli rozsáhle důlkové korozi spodní části trubního vedení dochází ke vzniku fistul a zvětšení počtu poruch a ztrátám vody, které vedou k problému zajištění požadovaného množství surové vody pro úpravnu vody Ingulec, kvůli čemuž ÚV nemůže vyrovnat špičkové spotřeby obyvateli města Mykolajeva v letním období.

V návaznosti na výsledky posouzení technického stavu přivaděče, zvláště havarijního úseku potrubí prvního řadu byla pro tuto část přivaděče navržena rekonstrukce bezvýkopovou metodou Reliningu, která je založena na vyvložkování stávajícího potrubí souvislým polyetylenovým potrubím menšího průměru. Pro rekonstrukci sekce ocelového potrubí délky 300 m průměru 1 420 mm budou použity polyetylenové trubky PE100-SDR17-1200/71,1 tlakové třídy PN 10 podle ДСТУ Б.В.2.7-151:2008. Zvolené trubky jsou schopny přenášet různé tlaky za různých průtoků potrubím, zvláště jsou odolné vůči možným tlakovým rázům. Problém teplotní roztažnosti polyetylenu bude eliminován kotevním blokem v lomovém bodu potrubí a taky dvěma kompenzátory umístěnými v armaturní šachtě č. 65 a vzdušňovací šachtě Я1. Rekonstrukce zvoleného úseku zahrnuje taky výměnu uzavíracích a odvzdušňovacích armatur v stávajících šachtách. Po návrhu technologie rekonstrukce byly provedeny

hydrotechnické výpočty pro posouzení dopadů předpokládané na hydraulické parametry přivaděče Dnipro-Mykolajiv.

Prvním důležitým kritériem pro posouzení vlivu navržené rekonstrukce byl dopad na soustavu čerpací stanice 1. zvednutí + přivaděč Dnipro-Mykolajiv. Při porovnání grafů na obrázcích 4.3 a 4.4, které znázorňují grafické charakteristiky přivaděče za různých průtoků před předpokládanou rekonstrukcí a grafů na obrázcích 4.19 i 4.20 s grafickými charakteristikami přivaděče po navržené rekonstrukci je vidět, že zmenšení světlosti potrubí na zvoleném úseku délky 300 m prvního řadu nebude mít vliv na soustavu čerpadla + přivaděč a grafické charakteristiky zůstanou stejné.

Druhým kritériem je zajištění požadovaného tlaku na vtoku na úpravnu vody Ingulec v rozmezí od 0,02 MPa do 0,04 MPa, hodnoty kterého nesmí být podkročeny. Nejlépe hodnoty tlaků na vtoku na ÚV byly vystiženy pomocí hydraulických modelů vytvořených v programu Epanet 2.2. Porovnání výstupů z modelování je znázorněno v tabulce 3.1.

5.1. Porovnání tlaků vody na vtoku na úpravnu vody Ingulec před a po rekonstrukci úseku 1. řadu

Průtok přivaděčem Dnipro-Mykolajiv	Tlak vody na vtoku na ÚV Ingulec před návrhem rekonstrukce úseku 1. řadu přivaděče, [m v. sl.]	Tlak vody na vtoku na ÚV Ingulec po navržené rekonstrukci úseku 1. řadu přivaděče, [m v. sl.]
$Q_d = 2\,500 \text{ l/s}$	11,49	11,41
$Q_{hav.} = 1\,750 \text{ l/s}$	8,96	8,64

Z hodnot vynesných do tabulky 3.1 je vidět, že po předpokládané rekonstrukci dojde k poklesu tlaku vody na vtoku na úpravnu vody, ale i za nejhoršího z hydraulického hlediska stavu, kdy bude zajištěno převedení 100 % havarijního průtoku sekcí 1. řadu přivaděče, na které leží rekonstruovaný úsek potrubí, nedojde k podkročení požadovaného Mykolajivvodokanalem tlaku.

Třetím kritériem posouzení byly rychlosti proudění vody v přivaděči před a po rekonstrukci, které taky byly nejlépe vystěhovány pomocí hydraulických modelu v Epanetu. Porovnání rychlostí v potrubích prvního a druhého řadu přivaděče je znázorněno v tabulce 3.2.

5.2. Porovnání rychlostí proudění v přivaděči před a po rekonstrukci úseku 1. řadu

Poloha úseku potrubí	Rychlost proudění vody v přivaděči před návrhem rekonstrukce úseku 1. řadu, [m.s ⁻¹]				Rychlost proudění vody v přivaděči po navržené rekonstrukci úseku 1. řadu, [m.s ⁻¹]			
	Q _{d.} = 2 500 l/s		Q _{hav.} = 1 750 l/s		Q _{d.} = 2 500 l/s		Q _{hav.} = 1 750 l/s	
	1. řad	2. řad	1. řad	2. řad	1. řad	2. řad	1. řad	2. řad
Za ČS. 1. zvednutí	0,81	0,84	0,57	0,59	0,81	0,84	0,57	0,59
Mezi AŠ 63 a AŠ 65	1,01	-	1,39	-	1,00	-	1,39	-
Mezi AŠ 65 a VŠ Я1	0,74	-	1,02	-	1,26	-	1,75	-
Mezi AŠ 64 a AŠ 66	-	1,04	-	0,00	-	1,05	-	0,00
Mezi AŠ 66 a VŠ A2'	-	0,76	-	0,00	-	0,77	-	0,00
Na vtoku na ÚV Ingulec	0,72	0,74	0,48	0,50	0,72	0,74	0,48	0,50

Z hodnot vynesných do tabulky 3.2 je vidět, že po realizaci navržené rekonstrukce dojde ke zvýšení rychlosti proudění v přivaděči pouze v blízkosti místa provedení rekonstrukce. Počáteční a koncové rychlosti v přivaděči nebudou rekonstrukcí ovlivněny. Všechny hodnoty, kromě rychlosti v rekonstruovaném úseku za převedení 100 % havarijního průtoku v případě odstávky sekce 2. řadu, neodpovídají hodnotám uvedeným v ДБН В.2.5.-74:2013 čl. 11, odst. 11.8, tab. 36, podle které rychlosti pro potrubí průměru nad 700 mm musí být v mezích od 1,5 do 4,0 m/s. Ten problém vzniká kvůli tomu, že přivaděč byl navržen podle starší normy СНиП 2.04.02-84 Vodárenství. Vnější sítě a stavby., podle které rychlosti vody v potrubích průměru nad 800 mm měla být od 1,0 m/s do 2 m/s, zvlášť přivaděč je kapacitně předimenzován, protože byl navržen na průtok 11 500 m³/h. Aktuálně tak velké množství vody město nepotřebuje, protože z doby výstavby došlo k poklesu spotřeby vody na jednoho obyvatele Mykolajeva.

Z provedené analýzy vyplývá, že navržená rekonstrukce málo ovlivní hydraulické parametry přivaděče a ten bude schopen zajistit všechny průtoky za požadovaných tlaků.

6 ZÁVĚR

Zpracovaná diplomová práce řeší důležitý a velmi aktuální problém možného přerušování zásobování vodou města Mykolajeva na krajině, kde bydlí cca 500 tis. obyvatel, protože v současné době přivaděč surové vody Dnipro-Mykolajiv, pro který bylo provedeno posouzení technického stavu a navržena technologie rekonstrukce zvoleného úseku potrubí 1. řadu, je jediným a nenahraditelným zdrojem vody pro město.

Tato diplomová práce může sloužit městské komunální společnosti Mykolajivvodokanal, která provozuje přivaděč Dnipro-Mykolajiv, jako investiční záměr pro získání úvěru na provedení rekonstrukce havarijního úseku ocelového potrubí délky 300 m průměru 1 420 mm prvního řadu přivaděče a obnovu systému odzdušňování a zavzdušňování trubních vedení. Úvěr může poskytnout na základě investičního záměru Evropská investiční banka (EIB) se kterou v poslední době těsně spolupracuje Mykolajivvodokanal.

Provedením rekonstrukce určené části přírodního potrubí, městská komunální společnost sníží ztráty surové vody, kterou potřebuje úpravna vody Ingulec, sníží se tím náklady na provoz a elektrickou energii, kterou spotřebovávají čerpadla v čerpací stanici prvního zvednutí na čerpaná vodu přivaděčem na ÚV. Nejdůležitějším, avšak bude zamezení častých odstávek havarijního úseku a tím přetížení druhého řadu přivaděče, který je jen o 8 let mladší než 1. řad, ale doba použitelnosti tohoto řadu taky uplynula a jeho časté přetížení a možné hydraulické rázy jen zhorčují jeho technický stav, kvůli čemu v budoucnu dojde k poruchovosti i tohoto řadu. Při kvalitním provedení práci, doba použitelnosti zrekonstruovaného úseku bude prodloužena ještě na 50 let.

Znovuobnovení systému odzdušňování a zavzdušňování potrubí přivaděče poskytne důležitou ochranu vůči tlakovým rázům a zamezí vznik poruch na prvním a druhém řadu, a to dovolí předejít nežádoucímu přerušování dodávky vody obyvatelstvu města Mykolajeva.

7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KREMIŇ, Taras. *Tok vody živé. Ke století založení městského vodovodu v Mykolajevu (1906-2006)*. Mykolajiv: ILION, 2006. 208 s.
- [2] *Městská komunální společnost Mykolajivvodokanal* [online]. O vodokanalu, ©2019 [cit. 14.3.2022]. Dostupné z: <https://www.vodokanal.mk.ua/uk/info/pro-pidpriemstvo/pro-vodokanal>
- [3] Archiv městské komunální společnosti Mykolajivvodokanal. Technický projekt. Díl 1.1. Přivaděč surové vody Dnipro-Mykolajiv. Část 1: Souhrnná a technologická. Kniha 1: Průvodní zpráva. Odesa, 1974.
- [4] Archiv městské komunální společnosti Mykolajivvodokanal. Technický projekt. Díl M 1.13. Přivaděč surové vody Dnipro-Mykolajiv. Část 14: Stavebně technologická. Kniha 1: Úsek 1. řadu přivaděče od vesnice Mykil'ské do zvyšovací stanice Cherson. Odesa, 1974.
- [5] Archiv městské komunální společnosti Mykolajivvodokanal. Technický projekt. Díl M 1.19. Přivaděč surové vody Dnipro-Mykolajiv. Část 14: Stavebně technologická. Kniha 2: Úsek 1. řadu přivaděče od zvyšovací stanice Cherson do vesnice Černobajevka. Odesa, 1974.
- [6] Archiv městské komunální společnosti Mykolajivvodokanal. Technický projekt. Díl M 1.23. Přivaděč surové vody Dnipro-Mykolajiv. Část 14: Stavebně technologická. Kniha 3: Úsek 1. řadu přivaděče od vesnice Černobajevka do úpravny vody Ingulec. Odesa, 1974.
- [7] Archiv městské komunální společnosti Mykolajivvodokanal. Technický projekt. Díl 2. Přivaděč surové vody Dnipro-Mykolajiv. Část 1: Stavebně technologická. Kniha 1: 2. řad přivaděče. Odesa, 1984.
- [8] *Doporučení k provozu přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv*. Odesa: Projektový institut Odeskomunpojekt, 2001.
- [9] *Projekt rekonstrukce systému dopravy surové vody pro město Mykolajiv*. Odesa: a.s. Jižní stavební společnost Antares, 2008.
- [10] *Yandex.co.il* [online]. [cit. 15.3.2020]. Dostupné z: <https://yandex.co.il/maps/?ll=32.528993%2C46.820901&z=10.8>

- [11] *Lsst.ru* [online]. Elektricky svařované ocelové trubky s přímým švem. [cit. 18.3.2020]. Dostupné z: <https://www.lsst.ru/truba-elektrosvarnaya/>
- [12] MILLER, Oleg. *Studie účinnosti použití sanace jako ochrany před korozi*. Tomsk, 2018. Dizertační práce. Národní výzkumná tomská polytechnická univerzita. Vedoucí práce Oleg BRUSNIK Relining. [online] [cit. 20.5.2020]. Dostupné z: <http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/47406/1/TPU532112.pdf>
- [13] *Bezvykopu.cz* [online]. Bezvýkopové technologie. Relining. [cit. 20.5.2020]. Dostupné z: <http://www.bezvykopu.cz/bezvykopova-technologie-reiling>
- [14] František Klepsatel, Jaroslav Raclavský. *Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení*. Bratislava: JAGA, 2007. ISBN 978-80-8076-053-3
- [15] *Dorg.cz* [online]. Bezvýkopové technologie. Relining. [cit. 20.5.2020]. Dostupné z: <http://www.dorg.cz/stranka/24/relining/>
- [16] *Talparpf.cz* [online]. Bezvýkopové opravy řádů potrubí. Relining. [cit. 20.5.2020]. Dostupné z: <https://www.talparpf.cz/bezvykopova-technologie/bezvykopove-opravy-radu-potrubi-relining/>
- [17] *Vik.com.ua* [online]. Relining. Sanace potrubí na Ukrajině [cit. 20.5.2020]. Dostupné z: <https://vik.com.ua/pages/view/relaining>
- [18] RACLAVSKÝ, Jaroslav, Ladislav TUHOVČÁK a Stanislav MALANÍK. *Rekonstrukce vodohospodářských sítí: Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia*. Brno, 2006.
- [19] *Pamline.cz* [online]. Cement vysokopecní. Vodovody. [cit. 2.6.2020]. Dostupné z: <http://www.pamlinecz.cz/cs/aplikace/nase-produkty/dalsi-odkazy/technicke-informace/pam-technicka-reseni/povrchove-ochrany/vnitri-povrchove-ochrany/cement-vysokopecni-vnitri-vylozeni>
- [20] *BHM.cz* [online]. Metoda cementace. [cit. 2.6.2020]. Dostupné z: <https://bmh.cz/sluzby/vodovody/cementace/>
- [21] *Pamline.cz* [online]. Cement vysokopecní (vnitřní vyložení). [cit. 2.6.2020]. Dostupné z: <http://www.pamlinecz.cz/sk/node/1886>
- [22] *Wombat.cz* [online]. Metoda KAWEX. [cit. 11.7.2020]. Dostupné z: <https://www.wombat.cz/metoda-kawex/>

- [23] *Zepris.cz* [online]. Bezvýkopová sanace vodovodních, plynovodních a kanalizačních potrubí. [cit. 11.7.2020]. Dostupné z: <http://www.zepris.cz/prospekt-sanace>
- [24] *Zepris.cz* [online]. GFK-Liner. [cit. 11.7.2020]. Dostupné z: <http://www.zepris.cz/gfk-liner>
- [25] *Pcvalfa.cz* [online]. Potrubí SafeTech RC, Wavin TS, Compact Pipe. Moderní způsoby pokládky tlakových potrubí z polyetylénu [cit. 22.7.2020]. Dostupné z: <http://www.pcvalfa.cz/getfile.aspx?file=14B0B374-6653-43E1-8688-FA7E90BFB655>
- [26] *Su87.ru* [online]. Brožury. [cit. 3.8.2020]. Dostupné z: <https://su87.ru/broshyury/>
- [27] *Politerm.com* [online]. Drsnost a zarůstání potrubí. [cit. 26.11.2020]. Dostupné z: https://www.politerm.com/zuluhydro/webhelp/math_source_data2.html
- [28] *Centr-pss.ru* [online]. Tabulky Ševeleva. [cit. 27.11.2020]. Dostupné z: <https://www.center-pss.ru/knigi/tablici-sheveleva.zip>
- [29] LARKINA, Galina. Studijní opora pro návrh vodovodních sítí a vodárenských objektů pro studenty denní formy studia. Odesa: Odeská státní akademie stavitelství a architektury, Ústav vodárenství, 2010.
- [30] NIKOLOVA, Raisa. Studijní opora pro návrh vodárenské čerpací stanice 2. zvednutí pro studenty denní formy studia. Odesa: Odeská státní akademie stavitelství a architektury, Ústav stokování a hydrauliky, 2010.
- [31] *Provodu.ru* [online]. Tlakový ráz. [cit. 7.12.2020]. Dostupné z: <https://xn--b1ae2abczgzn--p1ai/2019/08/23/hydroudar/>
- [32] *Poektant.by* [online]. Návrh trubních vedení z polyetylenových trub. Práce s PE troubami [cit. 7.12.2020]. Dostupné z: <https://www.proektant.by/content/1893.html>
- [33] ДБН В.2.5.-74:2013 (státní stavební norma). Vodárenství. Vnější sítě a stavby. Kyjiv: Minregion Ukrajiny, 2013.
- [34] СНиП 2.04.02-84* (stavební normy a pravidla). Vodárenství. Vnější sítě a stavby. Ukrajinská SSR, 1984.

- [35] ДСанПІН 2.2.4-171-10 (státní sanitární normy a pravidla). Hygienické požadavky na kvalitu pitné vody určené pro konzumaci člověkem. Kyjiv: Ministerstvo zdravotnictví Ukrajiny, 2010.
- [38] ГОСТ 10704-63 (státní standardy). Elektricky svařované ocelové trubky s přímým švem. Ukrajinská SSR, 1963.
- [37] ДСТУ Б.В.2.7-151:2008 (EN12201-2:2003, MOD) (státní standardy Ukrajiny). Trouby polyetylenové pro dopravu studené vody. Kyjiv: Ministerstvo regionálního rozvoje a stavitelství Ukrajiny, 2009.
- [38] ДСТУ 12820-80 (státní standardy Ukrajiny). Ocelové varné ploché příruby od PN 1 do PN 25. Kyjiv: Minregion Ukrajiny, 2018.
- [39] ГОСТ 13547-79 (státní standardy). Uzavírací klapky diskové do PN 25. Kyjiv: Minregion Ukrajiny, 1991.
- [40] ГОСТ 13547-79 (státní standardy). Uzavírací klapky diskové tlakové třídy do PN 25. Kyjiv: Minregion Ukrajiny, 1991.
- [41] ТП 4.903-10 дїл 7 (typizovaný projekt). Kompenzátory trubní ucpávkové. Ukrajinská SSR, 1972.
- [42] ГОСТ 17378-2001 (státní standardy). Ocelové varné trubní tvarovky. Kyjiv: Minregion Ukrajiny, 2001.
- [43] ГОСТ 5762-2002 (státní standardy). Průmyslové trubní armatury. Šoupátka tlakové třídy do PN 250. Kyjiv: Minregion Ukrajiny, 2002.
- [44] ТУ У 29.1-03326877-003:2006 (technické podmínky). Vzdušníky aerační tlakové třídy do PN 16. Kyjiv: Minregion Ukrajiny, 2006.

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 2.1: Průměrné množství řas na jednotku objemu jímané vody, $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ [9]</i>	10
<i>Tab. 3.1: Charakteristika čerpadel v čerpací stanici prvního zvednutí [8]</i>	14
<i>Tab. 3.2: Množství vody čerpané čerpacími stanicemi prvního zvednutí</i>	15
<i>Tab. 3.3: Chemické složení v % pro platovou třídu BSt3ps [11]</i>	22
<i>Tab. 3.4: Mechanické vlastnosti při teplotě + 20 °C pro platovou třídu St3ps [11]</i>	22
<i>Tab. 3.5: Srovnávací ukazatele metod bezvýkopové sanace pro vodovodní sítě [12] ..</i>	45
<i>Tab. 4.1: Intenzita narůstání hydraulické drsnosti potrubí a korozivní vliv vody [27] ..</i>	55
<i>Tab. 4.2. Výpočty rychlosti proudění vody v přivaděči</i>	58
<i>Tab. 4.3. Výpočty rychlosti proudění vody v přivaděči v případě havárie</i>	59
<i>Tab. 4.4. Výpočty specifických odporů potrubí na 1 bm délky</i>	60
<i>Tab. 4.5. Výpočty specifických odporů potrubí na 1 bm délky v případě havárie</i>	60
<i>Tab. 4.6. Výpočty tlakových ztrát v 1. řadu přivaděče</i>	61
<i>Tab. 4.7. Výpočty tlakových ztrát v 2. řadu přivaděče</i>	61
<i>Tab. 4.8. Výpočty tlakových ztrát v 1. řadu přivaděče v případě havárie na úseku 2. řadu mezi přepínacími komorami č. 58, 60, 62 a č. 73, 74, 75, 76, 77, 78</i>	62
<i>Tab. 4.9. Výpočty tlakových ztrát v 2. řadu přivaděče v případě havárie na úseku 2. řadu mezi přepínacími komorami č. 58, 60, 62 a č. 73, 74, 75, 76, 77, 78</i>	62
<i>Tab. 4.10. Střední hodnoty odporů potrubí přivaděče</i>	63
<i>Tab. 4.11. Výpočet odporu sacího potrubí v čerpací stanici prvního zvednutí</i>	64
<i>Tab. 4.12. Výpočet odporu výtlačného potrubí v čerpací stanici prvního zvednutí</i>	65
<i>Tab. 4.13. Stanovení bodů za účelem vynesení charakteristiky přivaděče do grafu Q-H křivky čerpadla Д-6300-80</i>	66
<i>Tab. 4.14. Stanovení bodů za účelem vynesení charakteristiky přivaděče do grafu Q-H křivky čerpadla Д-6300-80 v případě havárie</i>	66
<i>Tab. 4.15. Výpočty rychlosti proudění vody po rekonstrukci úseku 1. řadu přivaděče ..</i>	76
<i>Tab. 4.16. Výpočty specifických odporů v potrubí po rekonstrukci na 1 bm délky</i>	76
<i>Tab. 4.17. Výpočty tlakových ztrát v 1. řadu přivaděče po rekonstrukci</i>	76
<i>Tab. 4.18. Výpočty tlakových ztrát v 1. řadu po rekonstrukci v případě havárie na úseku 2. řadu mezi přepínacími komorami č. 58, 60, 62 a č. 73, 74, 75, 76, 77, 78</i>	77
<i>Tab. 4.19. Střední hodnoty odporů potrubí přivaděče po rekonstrukci 1. řadu</i>	78
<i>Tab. 4.20. Stanovení bodů za účelem vynesení charakteristiky přivaděče po rekonstrukci 1. řadu do grafu Q-H křivky čerpadel Д-6300-80</i>	78

<i>Tab. 4.21. Stanovení bodů za účelem vynesení charakteristiky přivaděče po rekonstrukci 1. řadu do grafu Q-H křivky čerpadla Д-6300-80 v případě havárie</i>	<i>79</i>
<i>5.1. Porovnání tlaků vody na vtoku na úpravnu vody Ingelec před a po rekonstrukci úseku 1. řadu</i>	<i>90</i>
<i>5.2. Porovnání rychlostí proudění v přivaděči před a po rekonstrukci úseku 1. řadu</i>	<i>91</i>

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 2.1. Informační brožura Mykolajivvodokanalů [2]</i>	6
<i>Obr. 2.2. Poloha havarijního úseku přivaděče vzhledem k umístění na Ukrajině [10] ...</i>	6
<i>Obr. 2.3. Výstavba prvního bloku úpravy vody Ingulec [1]</i>	7
<i>Obr. 2.4. Kompletně vypuštěná vodní nádrž Žovtnevá</i>	9
<i>Obr. 3.1. Schéma dopravy vody na úpravnu vody Ingulec</i>	11
<i>Obr. 3.2. a 3.3. Přívodní kanál a jímadlo na dně kanálu</i>	11
<i>Obr. 3.4, 3.5 a 3.6. Havarijní samočisticí česle TH-2000</i>	12
<i>Obr. 3.7 a 3.8. Čerpací stanice nulového zvednutí s čerpadly Д-12500-24 a Д-6300-27</i>	12
<i>Obr. 3.9 a 3.10. Hala demontovaných mikrosítových filtrů</i>	13
<i>Obr. 3.11 a 3.12. Čerpací stanice prvního zvednutí a čerpadlo Д-6300-80-2 číslo 2</i>	14
<i>Obr. 3.13. Schéma čerpání surové vody čerpací stanicí prvního zvednutí do přivaděče Dnipro-Mykolajiv</i>	16
<i>Obr. 3.14. Průtoky prvním řadem přivaděče Dnipro-Mykolajiv za období srpen roku 2018</i>	17
<i>Obr. 3.15. Průtoky prvním řadem přivaděče Dnipro-Mykolajiv za období srpen roku 2019</i>	18
<i>Obr. 3.16. Průtoky prvním řadem přivaděče Dnipro-Mykolajiv za období srpen roku 2020</i>	19
<i>Obr. 3.17 a 3.18. Zvyšovací stanice Cherson a čerpadla Д-3200-75</i>	20
<i>Obr. 3.19. Druhý úsek přivaděče Dnipro-Mykolajiv u vesnice Ševčenkové</i>	21
<i>Obr. 3.20. Vzorová ocelová elektricky svařovaná trubka 1 420×16 mm PN 16 [11]</i>	22
<i>Obr. 3.21. Automatické tlumiče tlakových rázů typu ГY-350 na prvním řadu přivaděče</i>	23
<i>Obr. 3.22 a 3.23. Vystrojení komory tlumičů tlakových rázů č. 1</i>	23
<i>Obr. 3.24 a 3.25. Automatické tlumiče tlakových rázů typu ГY-350 na druhém řadu přivaděče</i>	23
<i>Obr. 3.26. Přemostění prvního řadu přivaděče přes bývalou železnici u města Cherson</i>	24
<i>Obr. 3.27. Technologický nadchod druhého řadu nad prvním řadem u města Cherson</i>	24

<i>Obr. 3.28 a 3.29. Přemostění prvního řadu přivaděče přes železnici Cherson-Mykolajiv, silnici E-58, M-14, P-47 a přes žlab dešťové kanalizace u předměstí města Cherson ...</i>	24
<i>Obr. 3.30. Druhý řad přivaděče se kříží s železnici Cherson-Mykolajiv a silnicí E-58, M-14, P-47 u předměstí města Cherson podchodem. Za silnicí podchod přechází v přemostění přes žlab dešťové kanalizace</i>	25
<i>Obr. 3.31. Přemostění druhého řadu přes žlab dešťové kanalizace. Vzadu je vidět přemostění prvního řadu přes železnici Cherson-Mykolajiv a přes silnici E-58, M-14, P-47</i>	25
<i>Obr. 3.32, 3.33 a 3.34. Přemostění prvního a druhého řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv přes bývalou řeku Věrevčyná</i>	25
<i>Obr. 3.35. Přemostění prvního a druhého řadu přivaděče přes zavlažovací kanál P-4-2</i>	25
<i>Obr. 3.36. Přemostění druhého řadu přivaděče přes zavlažovací kanál P-9</i>	25
<i>Obr. 3.37, 3.38 a 3.39. Přemostění druhého a prvního řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv přes Bilozerskou úžlabinu</i>	26
<i>Obr. 3.40. Přemostění druhého řadu přivaděče přes zavlažovací kanál P-11</i>	26
<i>Obr. 3.41. Přemostění prvního řadu přivaděče přes zavlažovací kanál P-11</i>	26
<i>Obr. 3.42. Přemostění druhého řadu přivaděče přes železnici u úpravny vody Ingulec</i>	26
<i>Obr. 3.44. Sekční kovovětšníci litinové šoupátko DN 1 200 s nestoupajícím vřetenem v armaturní šachtě č. 10 na druhém řadu přivaděče</i>	27
<i>Obr. 3.45. Sekční kovovětšníci litinové šoupátko DN 1 200 s nestoupajícím vřetenem v armaturní šachtě č. 16 na prvním řadu přivaděče</i>	27
<i>Obr. 3.46. Sekční kovovětšníci litinové šoupátko DN 1 200 s nestoupajícím vřetenem v armaturní šachtě č. 34 na prvním řadu přivaděče</i>	27
<i>Obr. 3.47, 3.48 a 3.49. Sekční kovovětšníci ocelové šoupátko DN 1 000 se stoupajícím vřetenem s elektrickým servomotorem v armaturní šachtě č. 13 na prvním řadu přivaděče u zvyšovací stanice Cherson</i>	27
<i>Obr. 3.50. Sekční kovovětšníci ocelové šoupátko DN 1 000 se stoupajícím vřetenem a s bypassovým potrubím opatřeným litinovým šoupátkem DN 500 v armaturní šachtě č. 43 na prvním řadu přivaděče</i>	28
<i>Obr. 3.51. Sekční kovovětšníci ocelové šoupátko DN 1 200 se stoupajícím vřetenem v armaturní šachtě č. 48 na druhém řadu přivaděče</i>	28

<i>Obr. 3.52. Sekční kovovětšníci ocelové šoupátko DN 1 000 se stoupajícím vřetenem a s bypassovým potrubím opatřeným litinovým šoupátkem DN 500 v armaturní šachtě č. 52 na prvním řadu přivaděče</i>	28
<i>Obr. 3.53. Uzavírací klapka DN 1 200 s ovládním ručním kolem prostřednictvím čelního převodu v armaturní šachtě č. 58, 62 na druhém řadu přivaděče</i>	28
<i>Obr. 3.54. Uzavírací klapka DN 1 200 s ovládním ručním kolem prostřednictvím čelního převodu v armaturní šachtě č. 59, 60, 61 na prvním řadu přivaděče</i>	28
<i>Obr. 3.55. Schéma uspořádání přepínací komory na přivaděči Dnipro-Mykolajiv</i>	29
<i>Obr. 3.56. Přepínací komora č. 11, 12 s dvěma kovovětšnicími ocelovými šoupátky DN 1 200 se stoupajícími vřeteny a s výpustí č. 4. DN 400 u vesnice Sadové</i>	29
<i>Obr. 3.57. Přepínací komora č. 17, 18 s dvěma kovovětšnicími litinovými šoupátky DN 1 200 s nestoupajícími vřeteny</i>	29
<i>Obr. 3.58, 3.59 a 3.60. Přepínací komora č. 73, 74, 75, 76, 77, 78 s šesti kovovětšnicími litinovými šoupátky DN 1 400 s nestoupajícími vřeteny u dálnice E-58, M-14</i>	30
<i>Obr. 3.61. Přepínací komora č. 84, 86, 88 se třemi uzavíracími klapkami DN 1 200</i>	30
<i>Obr. 3.62. Přepínací komora č. 85, 87, 89 se třemi uzavíracími klapkami DN 1 200 a kompenzátorem</i>	30
<i>Obr. 3.63. Výpust DN 250 č. 20 na prvním řadu přivaděče u řeky Věrevčyná</i>	30
<i>Obr. 3.64. Výpust DN 400 č. 79 na druhém řadu přivaděče</i>	30
<i>Obr. 3.65. Výpust DN 400 č. 80 na druhém řadu přivaděče</i>	30
<i>Obr. 3.66. Vzdušník DN 100 v šachtě č. M1 na druhém řadu přivaděče</i>	31
<i>Obr. 3.67. Vzdušník DN 100 č. III' na přemostění prvního řadu přivaděče u úpravny vody Ingulec</i>	31
<i>Obr. 3.68. Vstupní otvor v armaturní šachtě č. 15 na druhém řadu přivaděče</i>	31
<i>Obr. 3.69. Vstupní otvor v armaturní šachtě č. 30 na prvním řadu přivaděče</i>	31
<i>Obr. 3.70. Vstupní otvor v armaturní šachtě č. 63 na prvním řadu přivaděče</i>	31
<i>Obr. 3.71. Přípojka DN 100 soukromého farmářského podniku Artemová k prvnímu řadu přivaděče u vesnice Sadové</i>	32
<i>Obr. 3.72, 3.73, 3.74 a 3.75. Likvidace úniku vody 03. 05. 2018 na prvním řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv u vesnice Myrné [2]</i>	33
<i>Obr. 3.76 a 3.77. Likvidace úniků vody 27. 07. 2018 na prvním řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv na úsecích v okolí vesnice Myrné a 03. 08. 2019 v okolí vesnice Ševčenkové [2]</i>	33

<i>Obr. 3.78, 3.79, 3.80 a 3.81. Likvidace úniku vody na prvním řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv 07. 09. 2018 na úseku mezi vesnicí Myrné a dálnicí E-58, M-14 [2]</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 3.82 a 3.83. Zaplavená pole v okolí vesnice Myrné, kvůli únikům vody na prvním řadu přivaděče 12. 02. 2019 a 08. 03. 2019 [2]</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 3.84, 3.85, 3.86, 3.87, 3.88 a 3.89. Poškození důlkovou korozí se vznikem fistul na úseku délky 300 m prvního řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv u vesnice Myrné</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 3.90, 3.91, 3.92 a 3.93. Stav bitumenové izolace potrubí prvního řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv na úseku v okolí vesnice Myrné</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 3.94 a 3.95. Úniky vody z kompenzátorů na prvním a druhém řadu přivaděče [2]</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 3.96. Absence vzdušniku ve vzdušnickové šachtě č. Ж2 na prvním řadu přivaděče</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 3.97. Absence vzdušniku ve vzdušnickové šachtě č. E2' na druhém řadu přivaděče</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 3.98. Absence vzdušniku ve vzdušnickové šachtě č. A2' na druhém řadu přivaděče</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 3.99. Absence vzdušniku č. A2' na přemostění prvního řadu přivaděče přes Bilozerskou úžlabinu</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 3.100. Absence vzdušníků č. III a II2 na přemostění prvního a druhého řadu přivaděče přes zavlažovací kanál P-4-2</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 3.101. Absence vzdušniku Ж2' na přemostění prvního řadu přivaděče přes zavlažovací kanál P-11</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 3.102, 3.103, 3.104, 3.105 a 3.106. Rozebrané čelní převodovky šoupátek přivaděče</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 3.107, 3.108 a 3.109. Rozebrané čelní převodovky uzavíracích klapek přivaděče</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 3.110, 3.111, 3.112, 3.113, 3.114 a 3.115. Zastavení úniků vody z úseku délky 300 m prvního řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv u vesnice Myrné pomocí dřevěných kolíků zatlačených do tělesa trubek [2]</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 3.116, 3.117, 3.118 a 3.119. Opravy úseku prvního řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv u vesnice Myrné pomocí přivařování tzv. „kastrolů“ k tělesu potrubí</i>	<i>41</i>

<i>Obr. 3.120, 3.121, 3.122 a 3.123. Opravy úseku 1. řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv v okolí vesnice Myrné pomocí přivařování zášlepek a šroubů k tělesu potrubí</i>	41
<i>Obr. 3.124, 3.125, 3.126 a 3.127. Zatavení obalenou elektrodou míst, kde můžou vznikat fistuly na úseku potrubí délky 300 m prvního řadu přivaděče Dnipro-Mykolajiv u vesnic Myrné [2]</i>	42
<i>Obr. 3.128. Stroje zlodějů na místě krádeže silničních panelů inspekční komunikace [2]</i>	42
<i>Obr. 3.129, 3.130, 3.131, 3.132 a 3.133. Aktuální stav inspekční cesty podél přivaděče Dnipro-Mykolajiv</i>	43
<i>Obr. 3.134. Výstavba přepínací komory a výměna úseků přivaděče v průběhu rekonstrukce dálnice E-58, M-14 [2]</i>	43
<i>Obr. 3.135, 3.136, 3.137, 3.138, 3.139 a 3.140. Výměna sběračů vzduchu a šoupátek ve vzdušnickových šachtách [2]</i>	44
<i>Obr. 3.141. Výkop na počátku opravovaného úseku a výřez potrubí [26]</i>	46
<i>Obr. 3.142, 3.143, 3.144 a 3.145. Čištění potrubí pomocí čistících kusů a kamerový průzkum po čištění [26]</i>	47
<i>Obr. 3.146, 3.147, 3.148 a 3.149. Vtahování nového potrubí a vyplnění mezikruží v koncích původního potrubí polyuretanovou pěnou [26]</i>	48
<i>Obr. 3.150, 3.151, 3.152 a 3.153. Nanášení sanační cementační směsi na očištěný vnitřní povrch potrubí [26]</i>	50
<i>Obr.3.154, 3.155, 3.156, 3.157, 3.158 a 3.159. Vtahování rukávce do stávajícího potrubí a vytvrzování UV lampou [26]</i>	52
<i>Obr. 3.160, 3.161, 3.162 a 3.163. Vtahování nového zredukovaného potrubí do stávajícího [26]</i>	54
<i>Obr. 4.1. Drsnost a zarůstání potrubí [27]</i>	55
<i>Obr. 4.2. Axonometrie čerpací stanice I. zvednutí</i>	63
<i>Obr. 4.3. Grafická charakteristika přivaděče Dnipro-Mykolajiv při maximálním požadovaném průtoku 9 000 m³/h vynesena do Q-H křivky čerpadel Д-6300-80 (990 mm, 750 ot/min) při jejich paralelním zapojení</i>	67
<i>Obr. 4.4. Grafická charakteristika přivaděče Dnipro-Mykolajiv při havarijním průtoku 6 300 m³/h vynesena do Q-H křivky čerpadla Д-6300-80 (990 mm, 750 ot/min)</i>	68
<i>Obr. 4.5. Maximální tlak vody a rychlosti na začátku přivaděče Dnipro-Mykolajiv</i>	69
<i>Obr. 4.6. Tlak vody a rychlosti v přivaděči na vtoku na úpravnu vody Ingulec</i>	70

<i>Obr. 4.7. Tlaky vody a rychlosti v přivaděči v místě předpokládané rekonstrukce</i>	70
<i>Obr. 4.8. Maximální tlak vody a rychlosti na začátku přivaděče v případě havárie</i>	71
<i>Obr. 4.9. Tlak vody a rychlosti v přivaděči na vtoku na úpravnu vody Ingulec v případě havárie</i>	71
<i>Obr. 4.10. Tlaky vody a rychlosti v 1. řadu přivaděči v místě rekonstrukce</i>	72
<i>Obr. 4.11. Stávající kovovětšníci litinové šoupátko 3049306 DN 1 200 v armaturní šachtě č. 65</i>	73
<i>Obr. 4.12. Uzavírací klapka HAWLE DN 1 200 PN 16 s hydrodynamickým diskem a s ovládání ručním kolem</i>	73
<i>Obr. 4.13. Stávající sběrač vzduchu ve vzdušnickové šachtě Я1 na potrubí DN 1 400 prvního řadu přivaděče</i>	74
<i>Obr. 4.14. Ocelová koncentrická varná redukce TC-585-34 DN 1 400 × DN 1 200 PN 16 podle GOCT 17378-2001</i>	74
<i>Obr. 4.15. Schéma varného T-kusu DN 1 200/1 000 PN 16 dle GOCT 8965-75 se sběračem vzduchu a jednostranně opatřeného přírubou DN 1 200</i>	74
<i>Obr. 4.16. Krátké litinové šoupátko s přírubami HAWLE DN 100 PN 16 podle GOCT 5762-2002</i>	74
<i>Obr. 4.17. Litinový automatický dynamický zavzdušňovací a odvzdušňovací ventil ÖZ-KAN HAWLE DN 100 PN 0,5-16</i>	75
<i>Obr. 4.18. Přírubový ucpávkový jednosměrný kompenzátor T 1.45 DN 1 200 PN 16 podle ТП 4.903-10 díl 7</i>	75
<i>Obr. 4.19. Grafická charakteristika přivaděče Dnipro-Mykolajiv po navržené rekonstrukci 1. řadu při maximálním požadovaném průtoku 9 000 m³/h vynesena do Q-H křivky čerpadel Д-6300-80 (990 mm, 750 ot/min) při jejich paralelním zapojení</i>	80
<i>Obr. 4.20. Grafická charakteristika přivaděče Dnipro-Mykolajiv po navržené rekonstrukci 1. řadu při havarijním průtoku 6 300 m³/h vynesena do Q-H křivky čerpadla Д-6300-80 (990 mm, 750 ot/min)</i>	81
<i>Obr. 4.21. Maximální tlak vody a rychlosti v na začátku přivaděče po rekonstrukci</i>	82
<i>Obr. 4.22. Tlak vody a rychlosti v přivaděči po rekonstrukci na vtoku na ÚV Ingulec ..</i>	83
<i>Obr. 4.23. Tlaky vody a rychlosti v přivaděči v místě po předpokládané rekonstrukci</i>	84

<i>Obr. 4.24. Maximální tlak vody a rychlosti na začátku přivaděče po předpokládané rekonstrukci v případě havárie</i>	84
<i>Obr. 4.25. Tlak vody a rychlosti v přivaděči po předpokládané rekonstrukci na vtoku na úpravnu vody Ingulec v případě havárie</i>	85
<i>Obr. 4.26. Tlaky vody a rychlosti v přivaděči v místě předpokládané rekonstrukce</i>	86

SEZNAM POUŽITÝCH POJMŮ, ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČS n. zvednutí	čerpací stanice n-tého zvednutí (pojem převzat z pojmů používaných na Ukrajině a přeložen do jazyka českého)
„kastrol“	zaslepený kus velkopřůměrové ocelové trubky používány pro opravy poruch na ocelových potrubích přivařováním k tělesu trouby a tím překrytí místa úniku (pojem převzat z pojmů používaných na Ukrajině a přeložen do jazyka českého);
Sběrač vzduchu	ocelový nátrubek přivařený k trubnímu vedení v nejvyšších bodech a vyčnívající nad jeho horní částí, který slouží k retenci a odvádění vzduchu z potrubí, (pojem převzat z pojmů používaných na Ukrajině a přeložen do jazyka českého);
ÚV	úpravna vody;
AŠ	armaturní šachta;
VŠ	vzdušnicková šachta;
DN	jmenovitá světlost potrubí, [mm];
PN	jmenovitý tlak potrubí;
PP	materiál potrubí - polypropylen;
PVC	materiál potrubí - polyvinylchlorid;
PE	materiál potrubí - polyetylen;
PE-HD	materiál potrubí - polyetylen s vysokou hustotou;
PE 100	potrubí z vysokohustotního lineárního polyetylenu;
SDR	rozdělení plastového potrubí stejného průměru do řad podle tloušťky stěny;
F-kus	přírubová tvarovka s hladkým koncem;
T-kus	tvarovka pro svařování s odbočkou;
tl.	tloušťka;
m n. m.	metry nad mořem;
m v. sl.	metry vodního sloupce;
ρ	objemová hustota, [kg.m ⁻³];
σ_B	pevnost v tahu, [MPa];
σ_T	mez kluzu, [MPa];
δ_5	tažnost, [%];

k_e	součinitel ekvivalentní hydraulické drsnosti pro nové ocelové trubky, [mm];
$k_{t,n}$	součinitel ekvivalentní hydraulické drsnosti n-tého řadu po t letech v provozu, [mm];
δ	roční přírůstek absolutní drsnosti, [mm.rok ⁻¹];
i	hydraulický sklon čáry energie, [-];
λ	součinitel tření, [-];
d_p	vnitřní průměr potrubí, [m];
u	průměrná rychlost proudění vody v potrubí, [m.s ⁻¹];
g	normální tíhové zrychlení, [m.s ⁻²];
$d_{p.skut.}^{n.,DN}$	skutečný vnitřní průměr potrubí n-tého řadu včetně ekvivalentní hydraulické drsnosti n-tého řadu po t letech v provozu, [m];
A_t	specifický odpor na 1 m běžný délky ocelového potrubí, [s ² .m ⁻⁶];
Q_d	maximální požadovaný denní průtok přivaděčem, [m ³ .h ⁻¹];
Q_p	průměrný denní průtok přivaděčem, [m ³ .h ⁻¹];
$Q_{min.}$	minimální denní průtok přivaděčem, [m ³ .h ⁻¹];
$0,5.Q_d$	poloviční maximální požadovaný denní průtok n-tým řadem přivaděče, [m ³ .h ⁻¹];
$0,5.Q_p$	poloviční průměrný denní průtok n-tým řadem přivaděče, [m ³ .h ⁻¹];
$0,5.Q_{min.}$	poloviční minimální denní průtok n-tým řadem přivaděče, [m ³ .h ⁻¹];
$Q_{hav.}$	havarijní denní průtok přivaděčem v případě odstávky sekce potrubí n-tého řadu přivaděče za účelem oprav poruchy, [m ³ .h ⁻¹];
$0,5.Q_{hav.}$	poloviční havarijní denní průtok n-tým řadem přivaděče, [m ³ .h ⁻¹];
h_n	tlaková ztráta v n-tém řadu přivaděče, [m];
S_n	odpor n-tého řadu přivaděče, [s ² .m ⁻⁵];
L	délka potrubí n-tého řadu přivaděče, [m];
Q_n	průtok n-tým řadem přivaděče, [m ³ .s ⁻¹];
$\sum h_{n.,Q_d}$	celková tlaková ztráta v n-tém řadu přivaděče při převedení maximálního denního průtoku, [m];
$\sum h_{n.,Q_p}$	celková tlaková ztráta v n-tém řadu přivaděče při převedení průměrného denního průtoku, [m];

$\sum h_{n.,Qmin.}$	celková tlaková ztráta v n-tém řadu přivaděče při převedení minimálního denního průtoku, [m];
$\sum h_{n.,Qhav.}$	celková tlaková ztráta v n-tém řadu přivaděče při převedení havarijního denního průtoku, [m];
$S_{stf.}$	střední hodnota odporu pro celý přivaděč před rekonstrukci 1. řadu, [s ² .m ⁻⁵];
$DN_{sací}$	jmenovitá světlost sacího potrubí v čerpací stanici prvního zvednutí, [mm];
$DN_{výtláčn.}$	jmenovitá světlost výtlačného potrubí v čerpací stanici prvního zvednutí, [mm];
$DN_{sací_přiruba}$	jmenovitá světlost sací příruby čerpadla, [mm];
$DN_{výtláčn._přiruba}$	jmenovitá světlost výtlačné příruby čerpadla, [mm];
$\sum S$	celkový odpor potrubí v čerpací stanici prvního zvednutí, [s ² .m ⁻⁵];
S_m	odpor armatur v čerpací stanici prvního zvednutí, [s ² .m ⁻⁵];
S_l	odpor po délce potrubí v čerpací stanici prvního zvednutí, [s ² .m ⁻⁵];
A_s	specifický odpor jedné armatury čerpací stanici prvního zvednutí, [s ² .m ⁻⁵];
ξ	součinitel místní ztráty, [-];
n	počet armatur stejného průměru v čerpací stanici prvního zvednutí, [ks];
$A_{t,čs}$	specifický odpor na 1 m běžný délky potrubí v čerpací stanici prvního zvednutí, [s ² .m ⁻⁶];
l	délka potrubí v mezích čerpací stanice, [m];
$\sum S_{sac.}$	odpor sacího potrubí v čerpací stanici prvního zvednutí, [s ² .m ⁻⁵];
$\sum S_{výtl.}$	odpor výtlačného potrubí v čerpací stanici prvního zvednutí, [s ² .m ⁻⁵];
$h_{sac.}$	celková tlaková ztráta v sacím potrubí v čerpací stanici prvního zvednutí, [m];
$h_{výtl.}$	celková tlaková ztráta v výtlačném potrubí v čerpací stanici prvního zvednutí, [m];
$h_{čs}$	celková tlaková ztráta v mezích čerpací stanici prvního zvednutí, [m];

S	celkový odpor soustavy čerpací stanice prvního zvednutí + přivaděč Dnipro-Mykolajiv před rekonstrukci 1. řadu, [$s^2 \cdot m^{-5}$];
H_G	geodetická dopravní výška čerpadla, [$s^2 \cdot m^{-5}$];
$Z_{\text{přemost.}}$	kóta vrcholu přemostění přivaděče přes železnici u úpravny vody Ingulec, [m n.m.];
$Z_{\text{min.vodojem}}$	kóta minimální hladiny vody v vodojemu surové vody u čerpací stanice prvního zvednutí, [m n.m.];
H	dopravní výšku čerpadla za maximálního průtoku, [m];
Q_{celk}	celkový průtok prvním a druhým řadem přivaděče, [$s^2 \cdot m^{-5}$];
$h_{\text{soust.}}$	celková tlaková ztráta v soustavě čerpací stanice 1. zvednutí + přivaděč Dnipro-Mykolajiv, [m];
$Q_{1.+2.,d}$	maximální denní průtok prvním a druhým řadem přivaděče, [$l \cdot s^{-1}$];
$Q_{1.+2.,hav}$	havarijní průtok prvním a druhým řadem přivaděče, [$l \cdot s^{-1}$];
$A_{t,PE}$	specifický odpor na 1 m běžný délky PE potrubí, [$s^2 \cdot m^{-6}$];
$S_{\text{stř}_\text{rekons.}}$	střední hodnota odporu pro celý přivaděč po rekonstrukci 1. řadu, [$s^2 \cdot m^{-5}$];
$S_{\text{rekons.}}$	celkový odpor soustavy čerpací stanice prvního zvednutí + přivaděč Dnipro-Mykolajiv po rekonstrukci 1. řadu, [$s^2 \cdot m^{-5}$];
$h_{n_rekons.}$	celková tlaková ztráta v přivaděč po rekonstrukci 1. řadu, [m];
c	rychlost šíření rázové vlny potrubím, [$m \cdot s^{-1}$];
E_V	modul objemové pružnosti vody, [Pa];
E_p	modul objemové pružnosti potrubí, [Pa];
ρ_V	hustota vody, [$kg \cdot m^{-3}$];
δ_p	tloušťka stěny potrubí, [mm];
Δp	přírůstek tlaku v potrubí při tlakovém rázu, [MPa];
u_p	rychlost proudění vody v potrubí, [$m \cdot s^{-1}$];
σ	napětí v tělese trubky, [MPa];
$\sigma_{\text{hav.}}$	napětí v tělese potrubí při převedení havarijního průtoku, [MPa];
$\sigma_{\text{ráz}}$	napětí v tělese potrubí vyvolané tlakovým rázem, [MPa];
$\sigma_{\text{celk.}}$	celkové napětí v tělese potrubí vyvolané prouděním vody a tlakovým rázem, [MPa];

ΔL	změna délky potrubí při změně teploty transportovaného media a okolí, [m];
α	koeficient teplotní roztažnosti materiálu potrubí, [$1 \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$];
$L_{\text{rekons.}}$	délka rekonstruovaného úseku potrubí, [m];
ΔT	maximální rozdíl teplot potrubí a dopravované vody, [$^\circ\text{C}$];
ΔL_n	změna délky n-tého úseku rekonstruovaného potrubí při změně teploty potrubí a dopravované vody, [m];
ΔL_{dop}	délka prodlužovacího kusu trubky pro eliminaci změny délky rekonstruovaného potrubí způsobené teplotní roztažností materiálu, [m];

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1: Přehledná situace přivaděče surové vody – část 1, M 1:50 000;
- Příloha č. 2: Přehledná situace přivaděče surové vody – část 2, M 1:50 000;
- Příloha č. 3: Podrobná situace rekonstruovaného úseku 1. řadu přivaděče surové vody, M 1:25 000;
- Příloha č. 4: Podélný profil 1. řadu přivaděče surové vody – část 1, M 1:500 / 1:1000;
- Příloha č. 5: Podélný profil 1. řadu přivaděče surové vody – část 2, M 1:500 / 1:1000;
- Příloha č. 6: Podélný profil 2. řadu přivaděče surové vody – část 1, M 1:500 / 1:1000;
- Příloha č. 7: Podélný profil 2. řadu přivaděče surové vody – část 2, M 1:500 / 1:1000;
- Příloha č. 8: Hodnocení technického stavu přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv v programu TEA Water Technický audit vodovodů (1. řad);
- Příloha č. 9: Hodnocení technického stavu přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv v programu TEA Water Technický audit vodovodů (2. řad);
- Příloha č. 10: Topologické schéma hydraulického modelu přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv v programu Epanet 2.2;
- Příloha č. 11: Kladečské schéma rekonstrukce úseku 1. řadu přivaděče surové vody;

Příloha č. 8

TEA Water Technický audit vodovodů

Projekt: Hodnocení technického stavu přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv

Objekt: První řad přivaděče (Ø 1 420×16 mm, délka 73 km). V provozu od roku 1980.

Popis: První řad přivaděče na úseku od čerpací stanice prvního zvednutí do bývalé zvyšovací stanice Cherson (staničení 0,0 až 18,5 km).

C- [56-65%]	CELKOVÉ HODNOCENÍ		VÁHA
D	ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAM)		0,6
4	ST1	STAŘÍ A STAV TRUBNÍHO ŘADU	0,5
2	F1	Stáří potrubí dle trubního materiálu	0,5
3	F2	Stáří a stav armatur	0,4
2	F3	Inkrustace potrubí	0,1
3	ST2	STAVEBNĚ TECHNICKÉ PROVEDENÍ ŘADU	0,2
3	F1	Hloubka uložení	0,3
1	F2	Dopravní zatížení	0,4
3	F3	Koordinace s ostatními sítěmi	0,3
5	ST3	PROTIKOROZNÍ OCHRANA ŘADU	0,3
3	F1	Vnější protikorozní ochrana	0,5
3	F2	Vnitřní protikorozní ochrana	0,5
B	TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAM)		0,4
3	TP1	PORUCHOVOST ŘADU	0,45
2	F1	Průměrná roční poruchovost [pp/km/rok]	0,6
3	F2	Vývoj dynamiky poruch	0,4
2	TP2	HYDRAULICKÁ KAPACITA ŘADU	0,3
2	F1	Hydraulická kapacita	0,6
2	F2	Protirázová ochrana řadu	0,4
2	TP3	ZTRÁTY VODY	0,2
1	F1	Procento ztrát vody z vody vstupující do řadu	0,6
2	F2	Jednotkový únik vody JU	0,4
4	TP4	VLIV NA KVALITU VODY	0,05
3	F1	Vliv trubního materiálu a inkrustů na kvalitu vody	0,6
2	F2	Vliv doby zdržení vody v řadu na kvalitu vody	0,4

TEA Water Technický audit vodovodů

Popis: První řad přivaděče na úseku od bývalé zvyšovací stanice Cherson do protlaku pod železnicí Cherson-Mykolajiv u vesnice Myrné (staničení 18,5 až 53,38 km).

D+ [66-70%]	CELKOVÉ HODNOCENÍ		VÁHA
D	ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAM)		0,6
4	ST1	STAŘÍ A STAV TRUBNÍHO ŘADU	0,5
2	F1	Stáří potrubí dle trubního materiálu	0,5
3	F2	Stáří a stav armatur	0,4
2	F3	Inkrustace potrubí	0,1
3	ST2	STAVEBNĚ TECHNICKÉ PROVEDENÍ ŘADU	0,2
3	F1	Hloubka uložení	0,3
1	F2	Dopravní zatížení	0,4
3	F3	Koordinace s ostatními sítěmi	0,3
5	ST3	PROTIKOROZNÍ OCHRANA ŘADU	0,3
3	F1	Vnější protikorozní ochrana	0,5
3	F2	Vnitřní protikorozní ochrana	0,5
C	TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAM)		0,4
4	TP1	PORUCHOVOST ŘADU	0,45
2	F1	Průměrná roční poruchovost [pp/km/rok]	0,6
3	F2	Vývoj dynamiky poruch	0,4
2	TP2	HYDRAULICKÁ KAPACITA ŘADU	0,3
2	F1	Hydraulická kapacita	0,6
2	F2	Protirázová ochrana řadu	0,4
3	TP3	ZTRÁTY VODY	0,2
2	F1	Procento ztrát vody z vody vstupující do řadu	0,6
2	F2	Jednotkový únik vody JU	0,4
4	TP4	VLIV NA KVALITU VODY	0,05
3	F1	Vliv trubního materiálu a inkrustů na kvalitu vody	0,6
2	F2	Vliv doby zdržení vody v řadu na kvalitu vody	0,4

TEA Water Technický audit vodovodů

Popis: První řad přivaděče na úseku za protlakem pod železnicí Cherson-Mykolajiv u vesnice Myrné (staničení 53,38 až 53,68 km).

D [71-80%]	CELKOVÉ HODNOCENÍ		VÁHA
D	ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAM)		0,6
4	ST1	STAŘÍ A STAV TRUBNÍHO ŘADU	0,5
2	F1	Stáří potrubí dle trubního materiálu	0,5
3	F2	Stáří a stav armatur	0,4
2	F3	Inkrustace potrubí	0,1
3	ST2	STAVEBNĚ TECHNICKÉ PROVEDENÍ ŘADU	0,2
3	F1	Hloubka uložení	0,3
1	F2	Dopravní zatížení	0,4
2	F3	Koordinace s ostatními sítěmi	0,3
5	ST3	PROTIKOROZNÍ OCHRANA ŘADU	0,3
3	F1	Vnější protikorozní ochrana	0,5
3	F2	Vnitřní protikorozní ochrana	0,5
D	TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAM)		0,4
5	TP1	PORUCHOVOST ŘADU	0,45
3	F1	Průměrná roční poruchovost [pp/km/rok]	0,6
3	F2	Vývoj dynamiky poruch	0,4
2	TP2	HYDRAULICKÁ KAPACITA ŘADU	0,3
2	F1	Hydraulická kapacita	0,6
2	F2	Protirázová ochrana řadu	0,4
5	TP3	ZTRÁTY VODY	0,2
3	F1	Procento ztrát vody z vody vstupující do řadu	0,6
3	F2	Jednotkový únik vody JU	0,4
4	TP4	VLIV NA KVALITU VODY	0,05
3	F1	Vliv trubního materiálu a inkrustů na kvalitu vody	0,6
2	F2	Vliv doby zdržení vody v řadu na kvalitu vody	0,4

TEA Water Technický audit vodovodů

Popis: První řad přivaděče na úseku od protlaku pod železnicí Cherson-Mykolajiv u vesnice Myrné do úpravny vody Ingulec (staničení 53,68 až 73,0 km).

D [71-80%]	CELKOVÉ HODNOCENÍ		VÁHA
D	ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAM)		0,6
4	ST1	STAŘÍ A STAV TRUBNÍHO ŘADU	0,5
2	F1	Stáří potrubí dle trubního materiálu	0,5
3	F2	Stáří a stav armatur	0,4
2	F3	Inkrustace potrubí	0,1
3	ST2	STAVEBNĚ TECHNICKÉ PROVEDENÍ ŘADU	0,2
3	F1	Hloubka uložení	0,3
1	F2	Dopravní zatížení	0,4
3	F3	Koordinace s ostatními sítěmi	0,3
5	ST3	PROTIKOROZNÍ OCHRANA ŘADU	0,3
3	F1	Vnější protikorozní ochrana	0,5
3	F2	Vnitřní protikorozní ochrana	0,5
C	TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAM)		0,4
4	TP1	PORUCHOVOST ŘADU	0,45
2	F1	Průměrná roční poruchovost [pp/km/rok]	0,6
3	F2	Vývoj dynamiky poruch	0,4
2	TP2	HYDRAULICKÁ KAPACITA ŘADU	0,3
2	F1	Hydraulická kapacita	0,6
2	F2	Protirázová ochrana řadu	0,4
4	TP3	ZTRÁTY VODY	0,2
3	F1	Procento ztrát vody z vody vstupující do řadu	0,6
2	F2	Jednotkový únik vody JU	0,4
4	TP4	VLIV NA KVALITU VODY	0,05
3	F1	Vliv trubního materiálu a inkrustů na kvalitu vody	0,6
2	F2	Vliv doby zdržení vody v řadu na kvalitu vody	0,4

Příloha č. 9

TEA Water Technický audit vodovodů

Projekt: Hodnocení technického stavu přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv

Objekt: Druhý řad přivaděče (\varnothing 1 420×16 mm, délka 73 km). V provozu od roku 1989.

Popis: Druhý řad přivaděče na úseku od čerpací stanice prvního zvednutí do bývalé zvyšovací stanice Cherson (staničení 0,0 až 18,5 km).

C+ [41-45%]	CELKOVÉ HODNOCENÍ		VÁHA
C	ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAM)		0,6
3	ST1	STAŘÍ A STAV TRUBNÍHO ŘADU	0,5
1	F1	Stáří potrubí dle trubního materiálu	0,5
3	F2	Stáří a stav armatur	0,4
2	F3	Inkrustace potrubí	0,1
3	ST2	STAVEBNĚ TECHNICKÉ PROVEDENÍ ŘADU	0,2
3	F1	Hloubka uložení	0,3
1	F2	Dopravní zatížení	0,4
3	F3	Koordinace s ostatními sítěmi	0,3
4	ST3	PROTIKOROZNÍ OCHRANA ŘADU	0,3
2	F1	Vnější protikorozní ochrana	0,5
3	F2	Vnitřní protikorozní ochrana	0,5
B	TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAM)		0,4
2	TP1	PORUCHOVOST ŘADU	0,45
1	F1	Průměrná roční poruchovost [pp/km/rok]	0,6
2	F2	Vývoj dynamiky poruch	0,4
2	TP2	HYDRAULICKÁ KAPACITA ŘADU	0,3
1	F1	Hydraulická kapacita	0,6
2	F2	Protirázová ochrana řadu	0,4
1	TP3	ZTRÁTY VODY	0,2
1	F1	Procento ztrát vody z vody vstupující do řadu	0,6
1	F2	Jednotkový únik vody JU	0,4
4	TP4	VLIV NA KVALITU VODY	0,05
3	F1	Vliv trubního materiálu a inkrustů na kvalitu vody	0,6
2	F2	Vliv doby zdržení vody v řadu na kvalitu vody	0,4

TEA Water Technický audit vodovodů

Popis: Druhý řad přivaděče na úseku od bývalé zvyšovací stanice Cherson do protlaku pod železnicí Cherson-Mykolajiv u vesnice Myrné (staničení 18,5 až 53,38 km).

C [46-55%]	CELKOVÉ HODNOCENÍ		VÁHA
C	ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAM)		0,6
3	ST1	STAŘÍ A STAV TRUBNÍHO ŘADU	0,5
1	F1	Stáří potrubí dle trubního materiálu	0,5
3	F2	Stáří a stav armatur	0,4
2	F3	Inkrustace potrubí	0,1
3	ST2	STAVEBNĚ TECHNICKÉ PROVEDENÍ ŘADU	0,2
3	F1	Hloubka uložení	0,3
1	F2	Dopravní zatížení	0,4
3	F3	Koordinace s ostatními sítěmi	0,3
4	ST3	PROTIKOROZNÍ OCHRANA ŘADU	0,3
2	F1	Vnější protikorozní ochrana	0,5
3	F2	Vnitřní protikorozní ochrana	0,5
B	TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAM)		0,4
3	TP1	PORUCHOVOST ŘADU	0,45
1	F1	Průměrná roční poruchovost [pp/km/rok]	0,6
3	F2	Vývoj dynamiky poruch	0,4
2	TP2	HYDRAULICKÁ KAPACITA ŘADU	0,3
1	F1	Hydraulická kapacita	0,6
2	F2	Protirázová ochrana řadu	0,4
1	TP3	ZTRÁTY VODY	0,2
1	F1	Procento ztrát vody z vody vstupující do řadu	0,6
1	F2	Jednotkový únik vody JU	0,4
4	TP4	VLIV NA KVALITU VODY	0,05
3	F1	Vliv trubního materiálu a inkrustů na kvalitu vody	0,6
2	F2	Vliv doby zdržení vody v řadu na kvalitu vody	0,4

TEA Water Technický audit vodovodů

Popis: Druhý řad přivaděče na úseku za protlakem pod železnicí Cherson-Mykolajiv u vesnice Myrné (staničení 53,38 až 53,68 km).

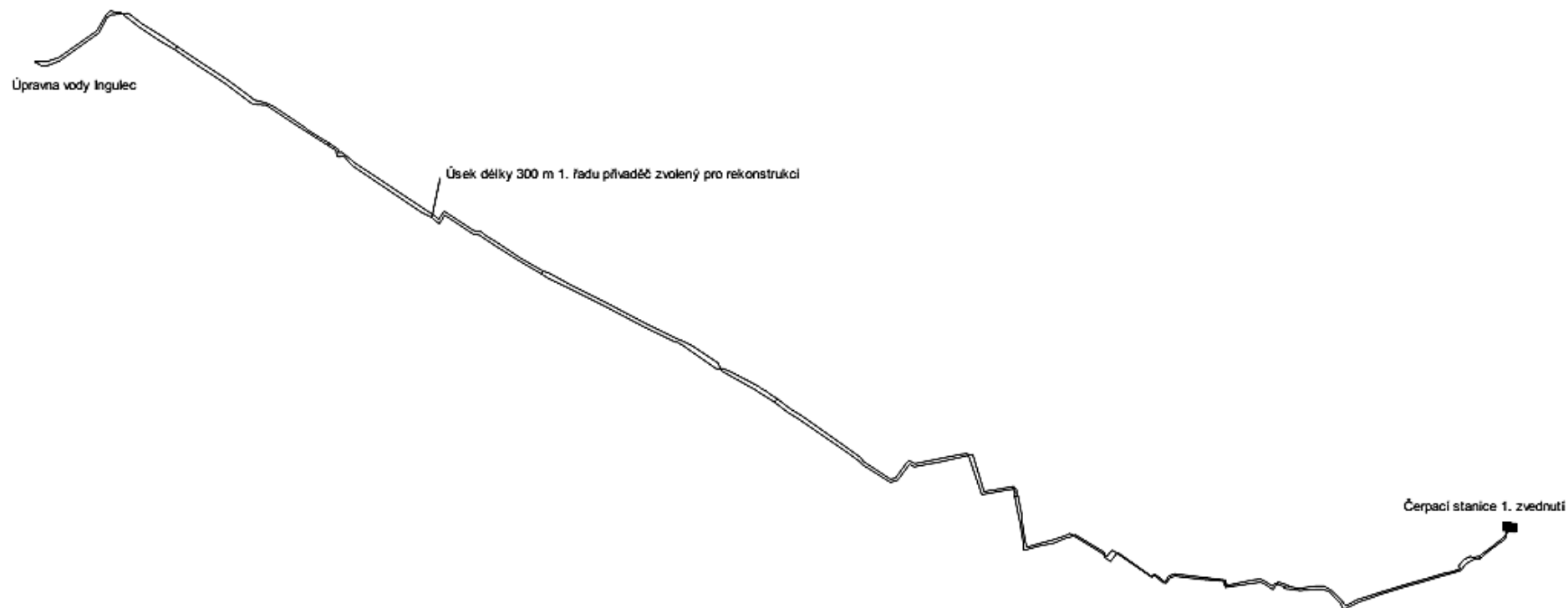
C+ [41-45%]	CELKOVÉ HODNOCENÍ		VÁHA
C	ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAM)		0,6
3	ST1	STAŘÍ A STAV TRUBNÍHO ŘADU	0,5
1	F1	Stáří potrubí dle trubního materiálu	0,5
3	F2	Stáří a stav armatur	0,4
2	F3	Inkrustace potrubí	0,1
3	ST2	STAVEBNĚ TECHNICKÉ PROVEDENÍ ŘADU	0,2
3	F1	Hloubka uložení	0,3
1	F2	Dopravní zatížení	0,4
2	F3	Koordinace s ostatními sítěmi	0,3
4	ST3	PROTIKOROZNÍ OCHRANA ŘADU	0,3
2	F1	Vnější protikorozní ochrana	0,5
3	F2	Vnitřní protikorozní ochrana	0,5
B	TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAM)		0,4
3	TP1	PORUCHOVOST ŘADU	0,45
1	F1	Průměrná roční poruchovost [pp/km/rok]	0,6
3	F2	Vývoj dynamiky poruch	0,4
2	TP2	HYDRAULICKÁ KAPACITA ŘADU	0,3
1	F1	Hydraulická kapacita	0,6
2	F2	Protirázová ochrana řadu	0,4
1	TP3	ZTRÁTY VODY	0,2
1	F1	Procento ztrát vody z vody vstupující do řadu	0,6
1	F2	Jednotkový únik vody JU	0,4
4	TP4	VLIV NA KVALITU VODY	0,05
3	F1	Vliv trubního materiálu a inkrustů na kvalitu vody	0,6
2	F2	Vliv doby zdržení vody v řadu na kvalitu vody	0,4

TEA Water Technický audit vodovodů

Objekt: Druhý řad přivaděče na úseku od protlaku pod železnicí Cherson-Mykolajiv u vesnice Myrné do úpravny vody Ingulec (staničení 53,68 až 73,0 km).

C+ [41-45%]	CELKOVÉ HODNOCENÍ		VÁHA
C	ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAM)		0,6
3	ST1	STAŘÍ A STAV TRUBNÍHO ŘADU	0,5
1	F1	Stáří potrubí dle trubního materiálu	0,5
3	F2	Stáří a stav armatur	0,4
2	F3	Inkrustace potrubí	0,1
3	ST2	STAVEBNĚ TECHNICKÉ PROVEDENÍ ŘADU	0,2
3	F1	Hloubka uložení	0,3
1	F2	Dopravní zatížení	0,4
3	F3	Koordinace s ostatními sítěmi	0,3
4	ST3	PROTIKOROZNÍ OCHRANA ŘADU	0,3
2	F1	Vnější protikorozní ochrana	0,5
3	F2	Vnitřní protikorozní ochrana	0,5
B	TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAM)		0,4
2	TP1	PORUCHOVOST ŘADU	0,45
1	F1	Průměrná roční poruchovost [pp/km/rok]	0,6
2	F2	Vývoj dynamiky poruch	0,4
2	TP2	HYDRAULICKÁ KAPACITA ŘADU	0,3
1	F1	Hydraulická kapacita	0,6
2	F2	Protirázová ochrana řadu	0,4
1	TP3	ZTRÁTY VODY	0,2
1	F1	Procento ztrát vody z vody vstupující do řadu	0,6
1	F2	Jednotkový únik vody JU	0,4
4	TP4	VLIV NA KVALITU VODY	0,05
3	F1	Vliv trubního materiálu a inkrustů na kvalitu vody	0,6
2	F2	Vliv doby zdržení vody v řadu na kvalitu vody	0,4

Příloha č. 10.



Topologické schéma hydraulického modelu přivaděče surové vody Dnipro-Mykolajiv v programu Epanet 2.2