

Rekonstrukce levobřežní části jezu Rajhrad

Dokumentace pro provádění stavby

Objednatel : Povodí Moravy, s. p.

D.2.3. PS 23 – Hradicí jezové klapky – technologická část strojní

D.2.3.1. Technická zpráva

REKONSTRUKCE LEVOBŘEŽNÍ ČÁSTI JEZU RAJHRAD

D.2.3. PS 23 Hradicí jezové klapky – technologická část strojn

D.2.3.1. Technická zpráva

Praha, prosinec 2022

Vypracoval

Dubský & Hačeký
Družstevní ohoz 5a
140 00 Praha 4

Obsah

1.	Stávající stav	2
2.	Bourání	4
3.	Nové jezové klapky	5
3.1	Hlavní parametry nové jezové klapky	5
3.2	Armatury jezové klapky	5
3.2.1	Těsnicí rám	5
3.2.2	Základny ložisek	6
3.2.3	Dolní opěry klapky	6
3.2.4	Zavzdušnění prostoru pod klapkou	6
3.2.5	Základ pohonného mechanismu	6
3.3	Klapka	7
3.3.1	Těleso klapky	7
3.3.2	Vystrojení klapky	7
3.3.3	Těsnicí rám	7
3.3.4	Uložení klapky	8
3.4	Pohonná skupina	8
3.4.1	Silové zatížení soustrojí	8
3.4.2	Cékový mechanismus	9
3.4.3	Šneková převodovka	10
3.4.4	Kuželočelní převodovka	13
3.4.5	Víceotáčkový servomotor	13
3.4.6	Základový rám	13
3.4.7	Vnější parametry soustrojí pohonu	14
4.	Provizorní hrazení jezu	15
4.1	Hlavní parametry provizorního hrazení z horní vody	15
4.2	Armatury provizorního hrazení	15
4.3	Hradicí prvky	15
5.	Materiálové provedení a protikorozní ochrana	16
5.1	Materiálové provedení	16
5.2	Nátěrové hmoty a povrchová ochrana proti korozi (PKO)	16
6.	Fotodokumentace – stávající stav	17

1. STÁVAJÍCÍ STAV

Jez Rajhrad na řece Svratce v ř.km 27,430 se 2 poli hrazenými klapkami má celkovou šířku 35,6 m. V železobetonové spodní stavbě (Jamborově prahu) tělesa jezu jsou zabetonovány armatury otočného uložení a těsnění pohyblivé části – jezových klapek. Stávající klapkový jez byl vybudován do dnešní podoby v letech 1947 až 1954, v místech těsně pod původním pevným Helmovským jezem, který byl v roce 1939 vážně poškozený výmolem v pravém podjezí. Další rekonstrukce na jezu Rajhrad byly prováděny v letech 1973, 1997 a 1998. Stávající jezový objekt tvoří pevný betonový práh a pohyblivá hradící konstrukce o 2 polích světlosti 2x 17,0 m se středním pilířem šířky 1,6 m. Pole jsou hrazena ocelovými nýtovými klapkami.

Těsnění klapek je provedeno gumovými pásy uchycenými na pevné armatuře prahu a na vlastní konstrukci klapky. Opěrné zdi jsou betonové, kóta koruny zdi je na 189,50 m n.m. Jezová pole jsou přemostěna obslužnou lávkou přístupnou pouze správci jezu. Z důvodů stavby MVE dojde také k rekonstrukci a modernizaci pohyblivé části jezu.

Stávající klapky mají ložiska řešena jako jednoduché ploché závěsy, umístěné přímo na vrcholu přelivu pevné části jezu. Důvodem je takto vzniklý plynulý oblý Jamborův práh. Nevýhodou je nutnost umístit prahové těsnění pod osu otáčení na vzdušnou stranu klapky v podobě pryžového laloku. Toto zastaralé řešení má řadu nedostatků, hlavně principiální netěsnost k bočním štítům a nespojitost s bočním těsněním klapky.

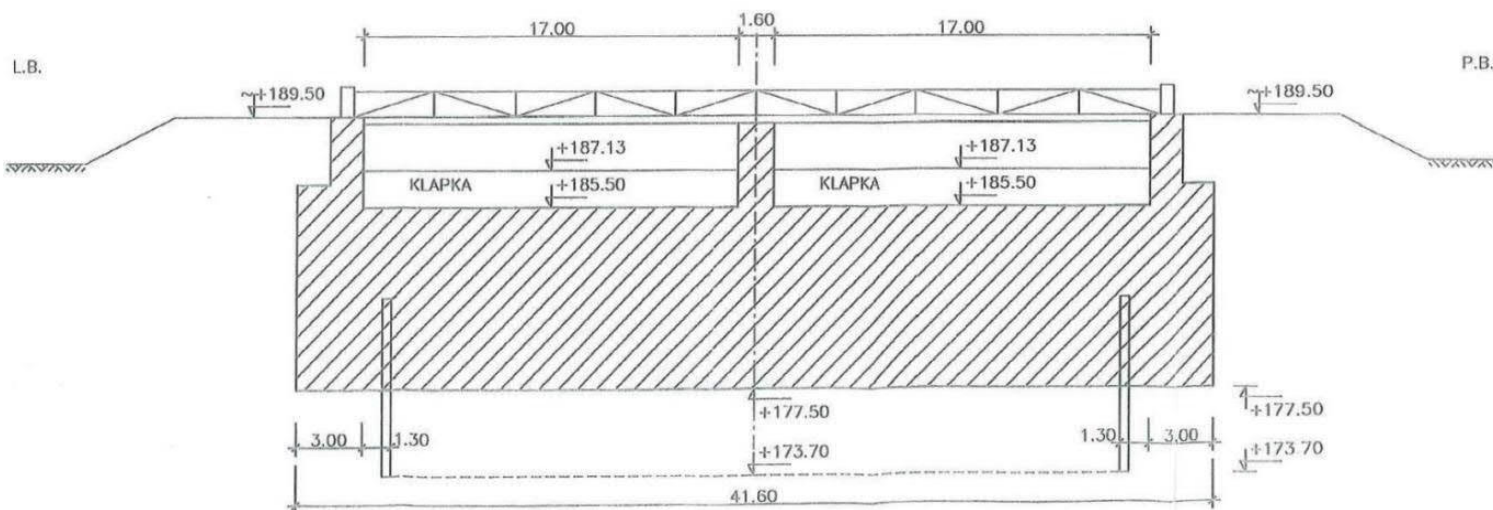
Za provozu dochází k naplnění laloku sedimenty s důsledkem znehynění a nebezpečím roztržení. Umístění na vzdušné straně vede k zamrznutí obsahu laloku v zimním období. Původní nýtovaná konstrukce klapek stárí 60 let prošla jednou opravou provedenou svařováním a může především v nýtových spojích vykazovat značnou nespolehlivost.

Původní armatury klapky, především základy závěsů nebyly nikdy metalizovány a jejich stárí nemůže zaručovat dobrý stav. Vlivem degradace okolního betonu dochází k nekontrolovatelné intenzivní korozi uvnitř armatur s možností porušení pevnosti závěšení klapky. V roce 1998 byla provedena povrchová protikorozní ochrana žárovým zinkováním a nátěrem vnějších ploch a nátěrem bez zinkování ploch vnitřních. Horní okraj pláště nebyl metalizován s výhledem na budoucí navyšování klapek. V současnosti je povrchová ochrana na konci životnosti a neplní svou funkci.

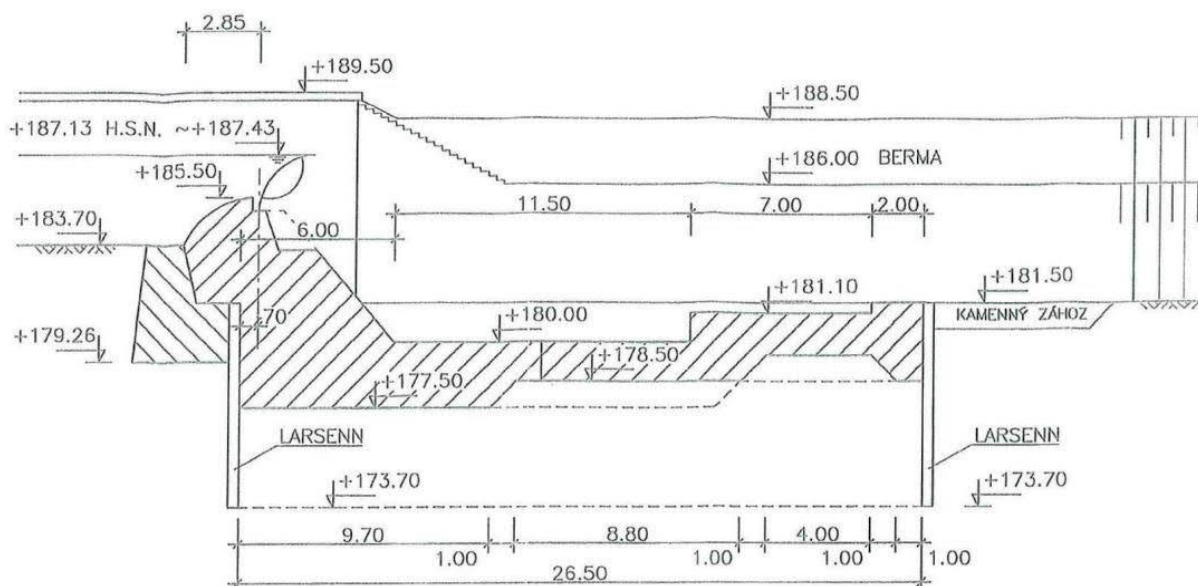
Stávající pohon uzávěru zajišťují elektromechanická soustrojí pohonu klapek s otevřenými převody, která jsou na koruně nábrežních zdí zrcadlově symetricky umístěna v plechových ochranných krytech. Klapky jsou jednostranně přímo ovládány tahem cévové tyče vedené mělkým výklenkem v líci nábrežní zdi.

Hlavní parametry stávajícího jezu Rajhrad v ř.km 34,970

– celková délka vzdouvacího objektu	35,60 m
– počet jezových polí	2
– světlá šířka jezových polí	2 x 17,00 m
– kóta pevného prahu	185,50 m n.m.
– kóta dna vývaru	180,00 m n.m.
– kóta závěrečného prahu vývaru	181,50 m n.m.
– délka vývaru	18,50 m
– délka betonových pilířů	13,70 m
– kóta koruny opěrných zdí	189,48 m n.m.
– kóta spodní hrany manipulační lávky	189,15 m n.m.
– provozní hladina (max. provozní hladina)	187,23 m n.m. (+ 20 cm)
– výška pohyblivé hradicí konstrukce (klapky)	1,63 m
– kóta přepadové hrany vztyčené klapky	187,13 m n.m. = H.S.N. (hladina stálého nadržení)
– kóta sklopené hradicí konstrukce	185,50 m n.m.
– typ provizorního hrazení	plovoucí hradidla z tenkostěnného profilu 120 x 85 osazovaná do slupic I 200 dl. 2,73 m
– hradicí šířka / výška	3,0 m / 1,93 m
– kóta prahu provizorního hrazení v nadjezí	185,25 m n.m.
– kóta horní hrany provizorního hrazení	187,29 m n.m. (H.S.N. + 160 mm)



Obr.: Příčný řez stávajícího jezu Rajhrad v ř.km 27,430 (výškový systém Balt p.v.)



Obr.: Podélný řez stávajícím jezem Rajhrad v ř.km 27,430 (výškový systém Balt p.v.)

2. BOURÁNÍ

Výměna stávajících jezových klapek za nové, moderní a navýšené o 30 cm bude provedena v souběhu dvou plánovaných akcí a to Rekonstrukce LB části jezu Rajhrad a MVE jez Rajhrad (projekt je zpracován v samostatné dokumentaci investora). V rámci této rekonstrukce bude v souvislosti se sanací degradovaného povrchu železobetonové spodní stavby jezu odbourána z Jamborova prahu vrstva betonu do hloubky 30 cm.

Tato vrstva bude v tloušťce 30 cm při rekonstrukci celoplošně nahrazena kvalitním železobetonem odolným proti obrusu a úderu, provedeným ze železobetonu třídy C30/37-XA1-XC4-XD2-XF3-XM2 a s čedičovým kamenivem. Na koruně spodní stavby bude rozsah bourání zvětšen tak, aby byly kompletně odstraněny vnější ocelové konstrukce stávajícího těsnícího prahu, uložení závěsů otoče klapky, uložení prahu provizorního hrazení a kapsy slupic a byl vytvořen prostor pro osazení nových armatur klapky – viz. výkresové přílohy [D.1.6.2.](#)

Stávající boční štíty klapky budou vybourány. Pro osazení nových celoplošných bočních štítů bude v líci nábrežních zdí a dělicího pilíře vybourán výklenek ve tvaru kvadrantu. V souvislosti s novým umístěním nových pohonů klapky bude i mělký výklenek pro vedení cévové tyče přesunut. Stávající pohon se odstraní a na jeho místě bude v platu nábrežních zdí v rozsahu nové strojovny až k přechodové lávce (v délce 5,31 m) vybourána vrstva starého železobetonu do hloubky 1,0 m pro osazení základového rámu nového pohonného mechanismu. Rozsah bourání výklenků pro boční štíty a pro cévovou tyč (pouze krajní pilíře) je zřejmý z výkresů – viz. příloha [D.1.5.3.](#)

3. NOVÉ JEZOVÉ KLAPKY

Pohyblivou hradicí konstrukcí obou jezových polí na jezu Rajhrad budou nové zrcadlově symetrické jezové klapky pro světlost šířku pole 17,0 m s přelivnou hranou 1,93 m nad pevným prahem stupně. Proti stávajícímu stavu budou klapky o 30 cm vyšší.

3.1 Hlavní parametry nové jezové klapky

- | | |
|-------------------------|---------------------------------|
| – šířka jezového pole | 17,0 m |
| – kóta prahu | 185,50 m n.m. (Balt p.v.) |
| – kóta přelivné hrany | 187,43 m n.m. (Balt p.v.) |
| – celková hrazená výška | 1,93 m |

Jezová klapka s vodorovnou osou otáčení umístěnou na kótě 185,235 m n.m. (Balt p.v.) se sklápí po toku vody a je jednostranně ovládána tahem cévové tyče elektromechanického převodového soustrojí, které je umístěno v nadzemní strojovně na platě nábrežní zdi.

Klapka je uložena na 5-ti nerezových čepech Ø 80 mm v bezúdržbových bronz-nerezových naklápěcích ložiskách a zdvojeném ložisku Ø 100 mm na straně cévové tyče. Manipulace se vztyčenými klapkami při převádění vyšších průtoků bude zahájena při dosažení hladiny ve zdrži 187,53 m n.m., tedy při 10 cm přepadajícího paprsku.

3.2 Armatury jezové klapky

Při osazování armatur do stávající železobetonové konstrukce budou jak primární rektifikační destičky, tak i nosná kotevní výztuž vlepena chemickými kotvami do vrtů ve staré konstrukci tělesa jezu.

3.2.1 Těsnící rám

Těsnící rám tvoří spodní práh a celoplošné boční štíty s plastovými funkčními plochami. Dnový práh z profilu U 200 s nosičem prahového těsnění je osazen do vybouraného prostoru na koruně spodní stavby, vyrektifikován stavěcími šrouby vůči primárním destičkám a zalit betonovou zálivkou spolu se sanací povrchu spodní stavby.

Boční štíty mají kostru z válcovaných profilů L a v olemovaném kvadrantu jsou k ní s roztečí 150 mm přišroubovány zápuštnými šrouby pláty 20 mm silné polyetylenové výplně. Roštová konstrukce bočních štítů ve tvaru kvadrantů je osazena a rektifikována ve vybouraném zahloubení do líce zdi jezového pole. Poté se opatří v celé ploše polyetylenovými deskami bočních štítů a v bednění se zalije betonovou zálivkou.

3.2.2 Základny ložisek

Žebry do podoby krabice vyztužené silnostěnné základové desky jsou precizně vyrektifikovány vůči primárním destičkám do roviny pod vytyčenou osou otoče klapky. Poté se konstrukce základny ložisek přivaří pomocí styčnicků k připravené nosné primární kotevní výztuži dna (přelivu).

Konstrukce základových desek je nakonec zabetonována v sekundární zálivce. Základna ložiska na straně pohonu je uzpůsobena k zachycování opačně orientovaných reakcí vlivem zde působícího tahu cévové tyče za těleso klapky.

3.2.3 Dolní opěry klapky

V rovinách 4 hlavních žeber s ložisky jsou na dno pod klapkou umístěny a chemickými kotvami přikotveny dolní opěry klapky. Svařovaný nosič opěry je vyplněn pryžovým nárazníkem.

3.2.4 Zavzdušnění prostoru pod klapkou

K zavzdušnění prostoru pod klapkou je využito stávající dvojí potrubí DN 300. Potrubí je zaústěno ve 2 výškových úrovních do plochy bočního štítu. V dělicím pilíři zůstává zavzdušňovací potrubí beze změn a sací vstupy jsou nahoře zakryty mřížkou. Na platě nábrežních zdí je odbourána vrstva betonu tloušťky 1,0 m v rozsahu půdorysu nové strojovny až po stávající přechodovou ocelovou lávku. Tím budou obě potrubí odhalena a na potrubí výše proti vodě bude provedena výměna tak, aby se jedno potrubí přimklo k potrubí druhému mimo půdorys nové strojovny pro pohon a ovládání klapky. Obě vyústění potrubí DN 300 nad povrchem plata dostanou kolenové nástavce s krycí mřížkou. Tyto strojovny vč. odnímatelné kovové střechy jsou také součástí dodávky „Rekonstrukce LB části jezu“.

3.2.5 Základ pohonného mechanismu

Rám svařený z profilů U 300 je vyrektifikován ve vybouraném výklenku v platě nábrežní zdi vůči primárním kotevním miskám. Na horní ploše rámu je vytvořena upevňovací příruba pro šnekovou převodovku. Pro spodní část skříně šnekové převodovky je v rámu vytvořena kapsa z plechu Pl.8. Upevňovací příruba je po svaření rámu obrobena a po zabetonování vyčnívá 10 mm nad plochu podlahy ve strojovně.

Mechanismus bude umístěn v nadzemní strojovně, cévová tyč je vedena mělkým výklenkem v lici stávající nábrežní zdi. Rozsah pohybu cévové tyče si vyžádá další úpravy a bourání výklenku v pilíři. Rozsah bourání výklenků pro boční štíty a výklenků pro cévovou tyč (pouze u krajních pilířů) je zřejmý z výkresů – viz. přílohy [D.1.5.3](#).

3.3 Klapka

Těleso klapky je svařenec duté konstrukce s návodní obšívku nesenou svislými žebry. Klapka je uložena v 6-ti kulových bronz-nerezových samomazných ložiskách pod prahem jezového pole. V celém rozsahu pohybu klapky je zajištěno těsnění k dnovému prahu a pryžovým notovým profilem k plastovým plochám bočních štítů z PE.

3.3.1 Těleso klapky

Svislá žebra s roztečí 1 650 mm nesou návodní obšívku zakřivenou poloměrem $r = 3000$ mm. V dolní části na obšívku navazuje oblina okolo osy otáčení. Obšívka je vyztužena podélnými mezinosíky a tuhost celku zajišťuje tzv. „břicho“, se kterým klapka tvoří uzavřený dutý profil. Ob jedno jsou svislá žebra zesílena a jsou opatřena v ose otáčení nerezovými náboji pro čepy otoče klapky. Tzv. plovoucí náboje jsou ustaveny do společné osy a svými přírubami přivařeny ke stojinám svislých žeber.

I když dutý profil klapky zajišťuje její značnou tuhost, dochází při rozpětí 17,0 m a jednostranném ovládní k jejímu mírnému nakroucení pod zatížením a tím k poklesu přelivné hrany. Proto je klapka vyrobena s mírným negativním překroucením. Bočnice klapky na straně pohonu je zesílena a opatřena nad obšívku závěsem cévové tyče. Též ložisko které zachycuje tah cévové tyče je zdvojeno. Vlastní těleso klapkových vrat je široké 16 960 mm a vysoké 2 680 mm.

3.3.2 Vystrojení klapky

Přepadová hrana klapky je opatřena širokými plechovými rozrážeči ($h = 400$ mm). Geometrie rozrážečů zajišťuje rozdělení paprsku přepadajícího přes vztyčenou klapku. Mezi rozrážeči je na plášť klapky upevněna nerezová rozrušovací lišta s jemnými ozuby hloubky 80 mm, která spolehlivě rozdělí přepadající paprsek při převádění malých průtoků. Lišta je připevněna zapuštěnými nerezovými šrouby k plášti klapky.

Úseky dutého profilu klapky jsou opatřeny zavodňovacími vstupy, zakrytými nerez mřížemi a odvodušňovacími i odvodňovacími otvory ve vrcholech dutin.

3.3.3 Těsnící rám

K prahovému dnovému těsnění klapky vůči válcové ploše oblíny je použito pryžového profilového těsnění, které je uchyceno k nehybné podepřené liště prahu. Boční těsnění notovou pryží vůči plastovým bočním štítům je uloženo na seřiditelném nosiči L na okrajích pláště klapky. Kontakt nehybného prahového a pohyblivého bočního těsnění je podložen segmentem pryžového hranolu, který zajišťuje těsnost rohu i během sklápění klapky v každé poloze klapky.

3.3.4 Uložení klapky

Těleso hradicí jezové klapky je otočně uloženo v 5-ti kluzných samomazných naklápacích bronz-nerezových ložiskách s průměrem nerezového čepu \varnothing 80 mm a na straně cévové tyče ve zdvojeném ložisku průměru \varnothing 100 mm. Kozlíky ložisek jsou připnuty (M30) na vyrektifikované základové desky s možností doladění souososti. Kozlík ložiska pod závěsem cévové tyče je zesílen.

3.4 Pohonná skupina

Sílu k ovládání klapky zatížené hydrostatickou silou horní vody poskytuje elektromechanické soustrojí, umístěné v nové nadzemní strojovně bezprostředně při hraně plata nábrežní zdi. Každá ze dvou hradicích klapek jezu Rajhrad je ovládána samostatným elektromechanickým soustrojím.

Hlavní částí každého soustrojí je mohutná šneková převodovka, na jejímž výstupním hřídeli je nasazen a upevněn cévový pastorek. Pastorek zabírá do cévové tyče, která přímo ovládá příslušnou jezovou klapku. Vstupní hřídel šnekové převodovky je poháněn přímo nasazenou kuželočelní převodovkou. Hnací prvkem soustrojí je elektrický víceotáčkový servomotor s elektronickým řídicím modulem.

Každé elektromechanické soustrojí je ustaveno v samostatné strojovně na základovém rámu, zakotveném v betonové konstrukci hrany nábrežního pilíře. Vzhledem k symetrickému umístění elektromechanických soustrojí vůči ose jezu jsou šnekové převodovky dvojího provedení – pravého a levého. Ostatní součásti pohonu (kuželočelní převodovky, servomotory, cévové pastorky a tyče, základové rámy) jsou shodného provedení.

3.4.1 Silové zatížení soustrojí

Zatížení klapky hydrostatickým tlakem vody spolu s pasivními odpory těsnících elementů určuje základní ovládací moment k ose otáčení klapky. Při součiniteli bezpečnosti $k = 1,5$ a při uvažovaném vzájemném geometrickém vztahu osy otáčení klapky, osy cévového pastorku a bodu ukotvení cévové tyče na klapce, je nutno, aby elektromechanické pohonné soustrojí bylo schopno vyvinout ovládací sílu (sílu v cévové tyči) o velikosti: **$F = 500$ kN**

Tato síla působí v rovině cévového pastorku v místě záběru s cévou tyčí, její složky vyplývají z geometrického uspořádání os a okamžité úhlové polohy klapky.

Vzhledem k teoreticky možnému působení síly v cévové tyči i v opačném směru (např. při mechanickém zablokování klapky při jejím sklápění dolů) budeme uvažovat působení zatěžovacích sil na mechanismus v obou směrech.

Pro zjednodušení budeme působíště síly uvažovat ve středu cévového pastorku, tedy 365 mm nad plochou plata strojoven (189,46 m n.m.) a 230 mm vně před jeho hranou v místě elektromechanického pohonu.

Potom budou největší složky ovládací síly ve vodorovném a svislém směru činit dle polohy klapky:

$$F_x = \pm 265 \text{ kN}$$

$$F_y = \pm 458 \text{ kN}$$

3.4.2 Cékový mechanizmus

3.4.2.1 Céková tyč

Přenos ovládací síly $F = 500 \text{ kN}$ mezi klapkou a pohonným soustrojím zajišťuje céková tyč běžné konstrukce s těmito parametry:

rozteč cév	t	175 mm
průměr cév v záběru s pastorkem	d	85 mm
průměr cév v bočnicích	d _o	80 mm
tloušťka bočnice	b	32 mm
tloušťka bočnice	h	190 mm
rozměr mezi bočnicemi	Bt	146 mm
vyosení cév v bočnicích k ose pastorku	e	15 mm

3.4.2.2 Cékový pastorek

Navržený cékový pastorek má tyto parametry:

počet zubů	z	7
průměr roztečné kružnice	D	400 mm
průměr hlavové kružnice	Dh	510 mm
průměr patní kružnice	Dp	320 mm
šířka ozubení	Bp	140 mm
šířka náboje	A	140 mm

Pastorek je nasazen přímo na výstupní hřídel šnekové převodovky. Přenos kroutícího momentu zajišťuje 14 ks střížných válcových kolíků Ø 20-220 mm, osazených v axiálním směru do dělicí spáry mezi hřídelem převodovky a nábojem pastorku. V náboji jsou vytvořena 2 boční osazení Ø 240 mm, š = 40 mm pro bočnice cékové tyče.

Vlivem geometrie postupného záběru zubu cévového pastorku a cékové tyče se při uvažování stanovené ovládací síly ve směru cékové tyče $F = 500 \text{ kN}$ kolísá potřebný kroutící moment na hřídeli cévového pastorku v rozmezí $M = 97,4 - 126,4 \text{ kNm}$. Během záběru se totiž mění skutečný poloměr, na kterém jsou zuby pastorku v kontaktu s cévami. Tento moment je dále uvažován:

$$M = 125 \text{ kNm}$$

Cékový pastorek je obroben z výkovku z oceli C45 EN 10083-2-91 (12 050 ČSN 41 2050), zušlechťené na pevnost 640 MPa.

3.4.2.3 Průvlak cévové tyče

Síly, vznikající při záběru, se snaží vlivem geometrie styku zubu a cévy vysunout cévovou tyč ze záběru pastorku. Tyč je tedy stabilizována průvlakem se 2 opěrnými rolnami pro bočnice tyče. Maximální radiální síla působící na rolny průvlaku je

$$R = 256,2 \text{ kN}$$

Obě bočnice průvlaku jsou opatřeny nábojem s kluzným pouzdem a jsou navlečeny na odpovídající osazení na hřídeli šnekové převodovky. Opěrné rolny průměru Ø130 mm jsou pro snazší montáž průvlaku na hřídel demontovatelné.

3.4.3 Šneková převodovka

Základní silovou součástí elektromechanického pohonu je šneková převodovka, jejíž výstupní hřídel osazený cévovým pastorkem přímo ovládá cévovou tyč pohybující klapkou.

3.4.3.1 Základní parametry šnekového ozubení

Šnek

normální úhel záběru	α_n	20°
počet chodů	z_1	1
průměr roztečné kružnice	D_1	250 mm
délka šneku	L_s	550 mm
úhel stoupání	γ	4,5886°
$\gamma = \arcsin(m_n \times z_1 / D_1)$		
normální modul	m_n	20 mm
osový modul	m_x	20,064 mm
$m_x = m_n / \cos \gamma$		
normální rozteč	t_n	62,832 mm
$t_n = \pi \times m_n$		
osová rozteč	t_x	63,033 mm
$t_x = \pi \times m_x$		

Šnekové kolo

počet zubů	z_2	56
průměr roztečné kružnice	D_2	1123,58 mm
$D_2 = z_2 \times m_x$		
$m_x = m_n / \cos \gamma$		
normální rozteč	t_n	62,832 mm
$t_n = \pi \times m_n$		

3.4.3.2 Účinnost

Převod	i	56,0
$i = z_2 / z_1$		
součinitel tření	$f = \tan \varphi$	0,085

třecí úhel	$\varphi = \arctg f$	4,8585 °
úhel stoupání	γ	4,5886 °
účinnost šnekového převodu	η	0,483
	$\eta = tg \gamma / tg (\gamma + \varphi)$	

3.4.3.3 Konstrukční provedení

Skříň

Skříň šnekové převodovky je dvojdielná ocelová svařovaná s výztužnými žebry a s vodorovnou dělicí rovinou v ose šnekového kola. Příruby této dělicí roviny jsou stažené šrouby M30. V místě příruby pro uložení vnějšího ložiska výstupního hřídele jsou pro stažení obou polovin skříně použity šrouby M42.

Spodní část skříně je opatřena přírubou pro upevnění převodovky na zabetonovaný základ šrouby M36. Pro snížení stavební výšky soustrojí ve strojovně je spodní část skříně vytvarována tak, aby ji bylo možno částečně zapustit pod úroveň podlahy ve strojovně. V horní části skříně jsou vytvořeny plochy pro osazení šneku s ložisky a pro přírubu kuželočelní převodovky. Skříň je opatřena obdélníkovým kontrolním otvorem s víkem.

Materiálem pro výrobu skříně je konstrukční ocel S355.

Šnekové soukolí

Jednoduchý šnek s roztečným průměrem $D1 = 250$ mm je (včetně hřídelových zakončení pro ložiska i napojení na kuželočelní převodovku) obroben z výkovku z oceli C45 EN 10083-2-91 (12 050 ČSN 41 2050), zušlechtné na pevnost 640 MPa. Šnekové kolo s roztečným průměrem $D2 = 1123,58$ mm je svařované z konstrukční oceli S355. Věnc kolo je odlit z bronzu CuSn12.

Přenos kroutícího momentu mezi věncem a kolem zajišťuje 24 střížných válcových kolíků $\varnothing 16-180$ mm, osazených v axiálním směru do dělicí spáry mezi bronzovým věncem a kotoučem kola. Zajištění věnce v axiálním směru zajišťují šrouby M20. Přenos kroutícího momentu mezi kolem a hřídelem zajišťuje 14 střížných válcových kolíků $\varnothing 20-220$ mm, osazených v axiálním směru do dělicí spáry mezi nábojem kola a hřídelem.

Výstupní hřídel převodovky

Výstupní hřídel je obroben z výkovku z oceli C45 EN 10083-2-91 (12 050 ČSN 41 2050), zušlechtné na pevnost 640 MPa. Hřídel je opatřen úložnými plochami pro osazení ložisek, těsnících kroužků, ložisek průvlaku cévové tyče, cévového pastorku a koncových desek.

Ložiska hřídele šneku

Hřídel šneku je v horní části skříně uložen radiálně ve valivých ložiskách:

- přední konec hřídele (u kuželočelní převodovky)
 - dvojice kuželíkových ložisek typu 30320
 - Ø 100x215x51,5
 - $C_{or} = 500 \text{ kN}$ $C_r = 411 \text{ kN}$
- zadní konec hřídele
 - soudečkové naklápečí ložisko typu 22220EW33MH
 - Ø 100x180x46
 - $C_{or} = 510 \text{ kN}$ $C_r = 417 \text{ kN}$

Ložiska hřídele šnekového kola

Hřídel šnekového kola je uložen radiálně ve dvou kuželíkových ložiskách

- přední konec hřídele (u cévového pastorku)
 - kuželíkové ložisko typu 23052EW33MH
 - Ø 260x400x104
 - $C_{or} = 2790 \text{ kN}$
- zadní konec hřídele
 - kuželíkové ložisko typu 24034CW33J
 - Ø 170x260x90
 - $C_{or} = 1660 \text{ kN}$

Hřídelové těsnění

Hřídel šnekového kola je na straně cévového pastorku těsněn dvojicí hřídelových těsnících kroužků Gufero s prachovkou. Těsnící plocha hřídele je opatřena pouzdrem z korozivzdorné oceli.

Mazání

Valivá ložiska šnekové převodovky jsou mazána plastickým mazivem pomocí mazacích hlavic v nábojích a víkách. Mazání šnekového soukolí je speciálním plastickým mazivem s účinnými přísadami proti zadírání. Alternativní možností mazání šnekového soukolí je použití nuceného mazání – elektrické dopravní čerpadlo dopravuje a rozstřikuje olej přímo do záběru šneku a kola. Zásoba oleje je ve spodní části skříně.

3.4.4 Kuželočelní převodovka

Na vstupní hřídel s perem šnekové převodovky je nasazena kuželočelní převodovka AUMA GK 35.2.

- | | |
|-------------------------------|---------------------------|
| - kinematický převodový poměr | 11,0 |
| - momentový převodový poměr | 9,9 (zohledňuje účinnost) |
| - jmenovitý moment na vstupu | 808 N.m |
| - jmenovitý moment na výstupu | 8 000 N.m |

Kuželočelní převodovka je upevněna a centrována pomocí příruby. Kroutící moment přenáší pero na vstupním (šnekovém) hřídeli šnekové převodovky.

3.4.5 Víceotáčkový servomotor

Zdrojem pohonu elektromechanického soustrojí je víceotáčkový servomotor AUMA SA 14.6 s elektronickou řídicí jednotkou AC 01.2

- | | |
|-------------------------------|----------|
| - výstupní otáčky servomotoru | 63 1/min |
| - jmenovitý moment | 500 N.m |

Servomotor je poháněn třífázovým elektromotorem typu AD00 90-2/130 o výkonu 4,0 kW s otáčkami 2800 ot./min. Servomotor je vybaven ručním pohonem. Elektronická řídicí jednotka typu AC 01.2 s komunikací Profibus (nebo Modbus RTU) je součástí servomotoru.

3.4.6 Základový rám

Elektromechanické soustrojí je upevněno na rámu, který je vyrektifikován a zalit do betonové konstrukce nábrežní hrany.

Rám je svařen z ocelových válcovaných profilů U300. Na horní ploše rámu je vytvořena upevňovací příruba pro šnekovou převodovku. Pro spodní část skříňe šnekové převodovky je v rámu vytvořena kapsa z plechu Pl.8. Upevňovací příruba je po svaření rámu obrobena a po zabetonování vyčnívá 10 mm nad plochu podlahy ve strojovně.

Pro upevnění v betonu nábrežní hrany je rám opatřen třemi řadami kotevních prutů s vyztuženými závěrnými přírubami. V rozích rámu jsou 4 rektifikační nohy se stavěcími šrouby pro výškovou rektifikaci rámu. Pro usnadnění rektifikace těžkého základu ve vodorovné rovině jsou v pracovní spáře betonové konstrukce osazeny 4 miskové armatury s odtlačovacími šrouby vodorovného posuvu.

3.4.7 Vnější parametry soustrojí pohonu

3.4.7.1 Kroutící moment na hřídeli cévového pastorku

Na hřídeli cévového pastorku je elektromechanické soustrojí schopno vyvinout tyto maximální kroutící momenty:

- výstupní moment servomotoru
 $M_1 = 0,50 \text{ kNm}$
- výstupní moment kuželočelní převodovky
 $M_2 = M_1 \times i_{2m} = 0,50 \times 9,9 = 4,95 \text{ kNm}$
- výstupní moment šnekové převodovky (celkový moment soustrojí pohonu)
 $M_c = M_3 = M_2 \times i_3 \times \eta_3 = 4,95 \times 56 \times 0,483 = 133,89 \text{ kNm}$

Z rozboru poměrů při záběru cévového pastorku a cévové tyče vyplývá, že pro dosažení ovládací síly v cévové tyči $F = 500 \text{ kN}$ je nutný kroutící moment na hřídeli cévového pastorku pouze $M = 126,4 \text{ kNm}$.

Navržené elektromechanické soustrojí tedy vyhovuje.

3.4.7.2 Otáčky na hřídeli cévového pastorku

Na hřídeli cévového pastorku je elektromechanické soustrojí schopno vyvinout tyto otáčky:

- výstupní otáčky servomotoru
 $n_1 = 63 \text{ 1/min}$
- výstupní otáčky kuželočelní převodovky
 $n_2 = n_1 / i_2 = 63 / 11,0 = 5,73 \text{ 1/min}$
- výstupní otáčky šnekové převodovky
 $n_c = n_3 = n_2 / i_3 = 5,73 / 56 = 0,102 \text{ 1/min}$

Obvodová rychlost na roztečné kružnici cévového pastorku (rychlost posuvu cévové tyče) je potom:

$$v_c = \pi \times D \times n_c = \pi \times 0,4 \times 0,102 = 0,128 \text{ m/min}$$

Celý pracovní zdvih cévové tyče 3 215 mm tak soustrojí vykoná za ~ **25 minut**.

Změnu výšky přelivné hrany o 1 cm (v oblasti hladiny stálého nadržení H.S.N.) soustrojí vykoná za ~ **9 sekund**.

4. PROVIZORNÍ HRAZENÍ JEZU

Systém provizorní hrazení (PHr) jezového pole světlé šířky 17,0 m z horní vody je vodorovnými hradidly uloženými mezi svislými slupicemi a zůstane i po rekonstrukci přelivu zachován. Protože dojde k odbourání celé povrchové vrstvy betonu spodní stavby PHr, bude vyhotoven i nový práh provizorního hrazení i nové kapsy pro slupice PHr. To umožňuje uzpůsobit provizorní hrazení i zvýšené nové hradící výšce. Do drážek ve stěnách jezového pole a v 5-ti slupicích se postupně uloží sady stávajících hradidel doplněné o nové trojice shodných hradidel. Investor požaduje 2 kompletní sady (pro 2 pole) PHr pro navýšenou provozní hladinu (17 ks původní + 3 ks nová hradidla) vč. slupic (5 ks / 1 pole) – viz. výkres D.1.6.2.7. a D.2.3.3.

4.1 Hlavní parametry provizorního hrazení z horní vody

- šířka jezového pole	17,0 m	
- kóta prahu (po navýšení)	185,30 m n.m.	Balt p.v.
- kóta přelivné hrany (po navýšení)	187,70 m n.m.	Balt p.v.
- celková výška hrazení	2,40 m (po navýšení)	
- sada hradidel pro 2 pole	2x (5x 20 ks + 1x 20 ks atyp)	

4.2 Armatury provizorního hrazení

Ve vybouraných výklencích ve stěnách obou jezových polí a v odbouraném povrchu spodní stavby je vyrektifikován vůči primárním destičkám stavěcími šrouby a zalit betonovou zálivkou rám vedení. Práh je tvořen válcovaným profilem U 160 přes šířku jezového pole 17,0 m a tvoří za lícem stěn základ pro vztyčení bočního vedení. To je tvořeno válcovaným profilem U 160 s nerezovou těsnicí lištou. Drážky ve zdech dosahují jen do úrovně o cca 20 cm převyšující výšku slupic, což postačuje pro uložení hradidel do krajního pole hrazení. Dnový práh je výškově umístěn na nové niveletě 185,30 m n.m. před vrcholem Jamborova prahu ve vzdálenosti 0,975 m od osy otoče klapky. S roztečí 3 050 mm jsou do prahu umístěny 600 mm hluboké lemované kapsy pro osazení pěti slupic. Jedna krajní rozteč je uzpůsobena sadě kratších krajních hradidel toho kterého pole. Všechny kapsy obou polí jsou zakryty novými víky.

4.3 Hradící prvky

Profilem hradidel je tenkostěnný Jäckel 120x85x3 mm orientovaný na výšku. Na čelech hradidel jsou umístěna vodítka, vymezující polohu hradidla ve vedení. Pro hrazení jezového pole z horní vody jsou použita všechna stávající hradidla (85 ks typických + 17 ks krajních atypických). Dále bude vyrobeno pro každé jezové pole 15 + 3 ks nových hradidel. Nové slupice jsou tvořeny válcovaným profilem HEA 200 s vodíci lištami pro vymezení polohy hradidel. Slupice se zasouvají do kapes v prahu a jsou v úrovni prahu opatřeny límcem, který kapsu uzavírá. Všechny slupice se vyhotovují nové – 5 ks nadzemní výšky 2 420 mm pro každé jezové pole

5. MATERIÁLOVÉ PROVEDENÍ A PROTİKOROZNÍ OCHRANA

5.1 Materiálové provedení

Může být použit pouze materiál nejvyšší kvality pro dané použití. Všechny použité materiály musí být nové, v nejlepší kvalitě pro specifikované zatížení, trvanlivosti a bez defektů a poškození.

K výrobě součástí technologie klapkového jezu VD Rajhrad je požadováno použití převážně jakostní konstrukční oceli třídy S 355, méně exponované díly mohou být zhotoveny z běžné konstrukční oceli třídy S 235. Volba jakosti materiálu musí zohlednit rozsah pracovních teplot -25 °C až +40 °C. Ložiska klapky jsou bronz-nerezového provedení, spojovací materiál je požadován nerezový.

5.2 Nátěrové hmoty a povrchová ochrana proti korozi (PKO)

Všechny ocelové konstrukce, vyjma ploch k zabetonování a nerezových funkčních ploch, budou ošetřeny proti korozi a kryty nátěrem. Specifikace požadavků na provedení protikorozní ochrany **včetně výměr** je v samostatné příloze D.2.3.1a. Korozní agresivita prostředí pro OK je uvažována takto (podrobněji viz. samostatná příloha):

- | | | |
|----|---|---------------------------------|
| A. | konstrukce vystavené ponoru (i částečnému) | stupeň Im1 – sladká voda |
| | • vnější povrchy tělesa klapky | (kat. C/III) |
| | • vnitřní povrchy tělesa klapky | (kat. B) |
| | • lící plochy armatur | (kat. C/III) |
| | • trubková hradidla a slupice PHr | (kat. C/I) |
| B. | konstrukce bez trvalého ponoru | stupeň C5 – velmi vysoká |
| | • základ soustrojí elektromechanického pohonu | (kat. A/I) |
| | • soustrojí elektromechanického pohonu | (kat. A/I) |
| | • pomocné konstrukce | (kat. A/I) |

Pro konstrukce bez trvalého ponoru budou při návrhu PKO uvažovány stupeň korozní agresivity atmosféry **C5 – velmi vysoká**.

Požadovaná životnost konstrukcí uzávěru bezpečnostního přelivu je **vyšší než 60 let**.

Požadovaná životnost PKO konstrukcí uzávěru bezpečnostního přelivu je „**vysoká H**“ – **vyšší než 15 roků**.

Vypracoval : Ing. Pavel Hačecký, únor 2023

6. FOTODOKUMENTACE – STÁVAJÍCÍ STAV



Obr.: Dispozice jezu Rajhrad



Obr.: Boční drážky ve výklencích pilíře pro vedení cévové tyče



Obr.: Stav betonů tělesa přelivu a těsnění klapek jezu Rajhrad v listopadu 2016



Obr.: Stávající plechová budka pro pohon jezové klapky



Obr.: Stávající pohon jezové klapky