

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ
KATEDRA ENERGETIKY

Optimalizace spotřeby vody při úpravě strusky

Water Consumption Optimization in Slag Treatment Process

Student:

Tomáš Placzek

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tomáš Výtisk, Ph.D.

Ostrava 2018

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Placzek**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3904R016 Technika tvorby a ochrany životního prostředí
Téma: **Optimalizace spotřeby vody při úpravě strusky**
Water Consumption Optimization in Slag Treatment Process
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Proveďte analýzu a navrhnete optimalizaci spotřeby vody při úpravě strusky.

Práce bude obsahovat:

- 1) Rozbor problematiky odběru povrchových vod v rámci platné legislativy ČR .
- 2) Popis stávajícího způsobu úpravy strusky v ČEZ EMĚ .
- 3) Rešerže v oblasti odvodňování kalů s porovnáním použitelných variant .
- 4) Porovnání energetické náročnosti jednotlivých způsobů úpravy strusky .
- 5) Popis navrhovaného řešení odvodnění strusky s ohledem na minimalizaci spotřeby provozní vody.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] HÜBNER,P.: Úprava vody v energetice, Praha 2010, 290s. ISBN 978-80-7080-746-0.
- [2] KYSELA,L.,TOMČALA,J.: Vodní hospodářství v energetice, Ostrava 2000, 98s. ISBN 80-7078-752.
- [3] KUČEROVÁ,R.,FEČKO,P.,LYČKOVÁ,B.: Úprava a čištění vody, Ostrava 2011, 108s. ISBN 978-80-248-2389-8
- [4] Zákon MŽP ČR č.254/2001 Sb.: Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- [5] Normy, firemní podklady, internetové zdroje apod.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Výtisk, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



doc. Ing. Kamil Kolarčík, CSc.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité zdroje a literaturu.

V Ostravě
16.5.2018

.....


podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užit (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užití díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užití své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....16.5.2018.....

..........

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Tomáš Placzek

Adresa trvalého pobytu autora práce: Bohumín, Mírová č.p. 947

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

PLACZEK, T. *Optimalizace spotřeby vody při úpravě strusky : Bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2018, 41 s. Vedoucí práce: Výtisk, T.

Bakalářská práce se zabývá problematikou plýtvání vodou převážně v energetickém sektoru. V práci jsou znázorněny varianty nových technologií pro šetření vody při odplavování elektrárenské strusky v elektrárně Mělník. Součástí je srovnání nových variant s původním, nevhodným stavem. Výsledkem práce je důkaz, že obě technologie pro odplavení strusky jsou úsporné jak z pohledu přírodních zdrojů a elektrické energie tak i peněz.

Klíčová slova: ekologie, plýtvání vodou, odvodnění strusky

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

PLACZEK, T. *Water Consumption Optimization in Slag Treatment Process : Bachelor thesis*. Ostrava : VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of power engineering , 2018, 41 p. Thesis head: Výtisk, T.

The Bachelor Thesis deals with the issue of water storage, especially in the energy sector. The Thesis presents variants of new technologies for water saving during the flushing slag in the power plant Mělník. It compares new variants with the original, inefficient state. The result of this Thesis is prove the efficiency of the new technology, for examples the natural resources, electricity and money.

Keyword: Ekology, wasting water, slag drainage

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, kterým byl pan Ing. Tomáš Výtisk, Ph.D. za předání odborných znalostí k problematice mé bakalářské práce a celkově za vstřícnost a ochotu při konzultacích.

Dále bych rád poděkoval celé své rodině, přítelkyni a kamarádům za potřebnou psychickou podporu během studií.

Obsah

Seznam zkratk a symbolů	9
1 Úvod	10
2 Modrá planeta Země.....	11
3 Záměr „Odběr a odvodnění strusky z EMĚ III, II a ET“	14
4 Posouzení vlivů na životní prostředí záměru „Odběr a odvodnění strusky z EMĚ III, II a ET“	16
4.1 Vstupní a odpadní voda	16
4.1.1 Předchozí stav	17
4.1.2 Varianta A – Redeponizace strusky.....	17
4.1.3 Varianta B – Strojní odvodnění	17
5 Strojní odvodnění strusky	19
5.1 Popis technologie.....	19
5.2 Schéma technologie	24
5.3 Průtoky v jednotlivých částech technologie	25
5.4 Části technologie odvodnění strusky	26
5.4.1 Odvodňovací třídič	26
5.4.2 Hydrocyklon	27
5.4.3 Přepoččet nádrže provozní vody.....	28
6 Čiření vody	30
6.1 Fáze čirícího procesu	30
6.1.1 Koagulace	30
6.1.2 Flokulace.....	31
6.1.3 Sedimentace	32
7 Úspory spojené s novou technologií plavení strusky	34
7.1 Voda.....	34
7.2 Energetická náročnost.....	36

8 Závěr	37
Seznam použité literatury	38
Seznam obrázků.....	40
Seznam tabulek a grafů.....	41

Seznam zkratk a symbolů

BS	Bagrovací stanice
ČR	Česká republika
EIA	Environmental Impact Assessment (Vyhodnocení vlivů na životní prostředí)
EMĚ	Elektrárna Mělník
ET	Energotrans
Fe ₂ (SO ₄) ₃	Síran železitý
FeCl ₃	Chlorid železitý
CHÚV	Chemická úprava vody
IT	Informační technologie
NL	Nerozpuštěné látky
OJ	Organizační jednotka
PE	Parní elektrárna
RAS	Rozpuštěné anorganické soli
SOS	Strojní odvodnění strusky
USA	United States of America (Spojené státy americké)
WHO	World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)

1 Úvod

Voda se vzduchem jsou nejcennějšími zdroji potřebnými pro život na zemi. Lidé, zvířata i rostliny, všichni jsou bez výjimky závislí na příjmu vody. Člověk se skládá ze 70 % z vody a nevydrží bez ní déle než tři dny. Vodu je proto nesmírně důležité chránit a činit kroky vedoucí k šetření s vodou.

Nejtemnější prognózy zní, že do roku 2030 klesne množství sladké vody na Zemi o 50 % oproti současnému stavu. Nedostatek vody hlásí v dnešní době Jižní Afrika, Austrálie nebo Indie. Rovněž některé části Evropy se postupně blíží ke kritickému stavu množství sladké vody. Se zprávami o nedostatku sladké vody se budeme v budoucnu postupně setkávat stále častěji.

Společnosti, jednak na nátlak stále se zpřísňujícím zákonům o šetrném užívání vody a také na stále se zvyšující ceny za odčerpávanou vodu z vodovodního řádu, zavádějí nové technologie pro šetření čerpané vody z přírodních zdrojů. O jedné takové technologii je i tato bakalářská práce, která se zabývá problematikou šetření vody v energetice, konkrétně při odplavování strusky z kotlen. Cílem této práce je ukázat si různé alternativy technologií při odplavování strusky se záměrem šetřit množství čerpané vody. Dále si pak popsat princip fungování jedné z alternativ, která má za důsledek úsporu 98 % čerpané vody oproti původnímu stavu.

2 Modrá planeta Země

Svou bakalářskou práci bych rád začal vlastním citátem:

„VODA

*Voda je alfou a omegou každého živého organismu na Zemi,
bez vody je život na Zemi nemyslitelný,
voda je ničím nenahraditelná surovina,
vody na Zemi stále ubývá.*

*Všichni lidé vodu potřebuj.,
většina lidí si je těchto vět vědoma,
ale jen málo lidí dělá kroky k šetření s vodou.*

BOHUŽEL.“



Obr. 2.1. Modrá planeta Země [15]

Evropská vodní charta:

Vzrůstající populace lidí na zemi, stále modernější způsoby života nebo rozsáhlejší průmyslová výroba mají stále náročnější podmínky na životní prostředí, tedy i na vodní zdroje. 6. května 1968 byla proto ve Štrasburku vyhlášena „Evropská vodní charta“, jejíž „dvanáctero“ zní (SUEZ Water CZ, s.r.o., © 2013 – 2018):

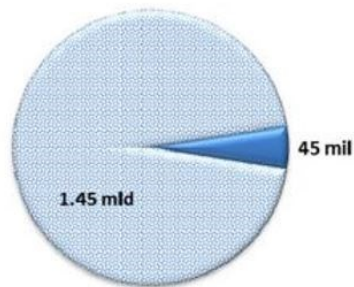
- bez vody není život. Voda je drahocenná a pro člověka ničím nenahraditelná surovina,
- zásoby sladké vody nejsou nevyčerpatelné. Je proto nezbytné tyto zásoby udržovat, chránit a podle možnosti rozhojňovat,
- znečišťování vody způsobuje škody člověku a ostatním živým organismům, závislým na vodě,
- jakost vody musí odpovídat požadavkům pro různé způsoby jejího využití, zejména musí odpovídat normám lidského zdraví,
- po vrácení použité vody do zdroje nesmí tato voda zabránit dalšímu jeho použití pro veřejné i soukromé účely,
- pro zachování vodních zdrojů má zásadní význam rostlinstvo, především les,
- vodní zdroje musí být zachovány,
- příslušné orgány musí plánovat účelné hospodaření s vodními zdroji,
- ochrana vody vyžaduje zintenzivnění vědeckého výzkumu, výchovu odborníků a informování veřejnosti,
- voda je společným majetkem, jehož hodnota musí být všemi uznávána. Povinnost každého je užívat vodu účelně a ekonomicky,
- hospodaření s vodními zdroji by se mělo provádět v rámci přirozených povodí a ne v rámci politických a správních hranic,
- voda nezná hranic, jako společný zdroj vyžaduje mezinárodní spolupráci,

Světový den vody připadá na 22.3. a každoročně je vyhlášeno téma pro tento den. Tématem roku 2018 je **Nature for water**.

Veškerá voda na Zemi zabírá 71 % zemského povrchu, zhruba $1,5 \times 10^9$ km³. Z tohoto počtu je jen 3% sladké vody. Z těchto 3 % je 69 % zmrazeno v ledovcích, 30 % podzemních vod a jen 1 % na povrchu nebo v atmosféře. Tedy jen 0,03 % všech vod na Zemi, zhruba 450 000 km³, je k dispozici pro život.

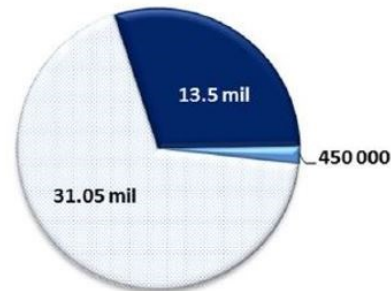
Hydrosféra 1.5 mld km³

slaná voda sladká voda



Sladká voda 45 mil km³

ledovce podzemní povrchová

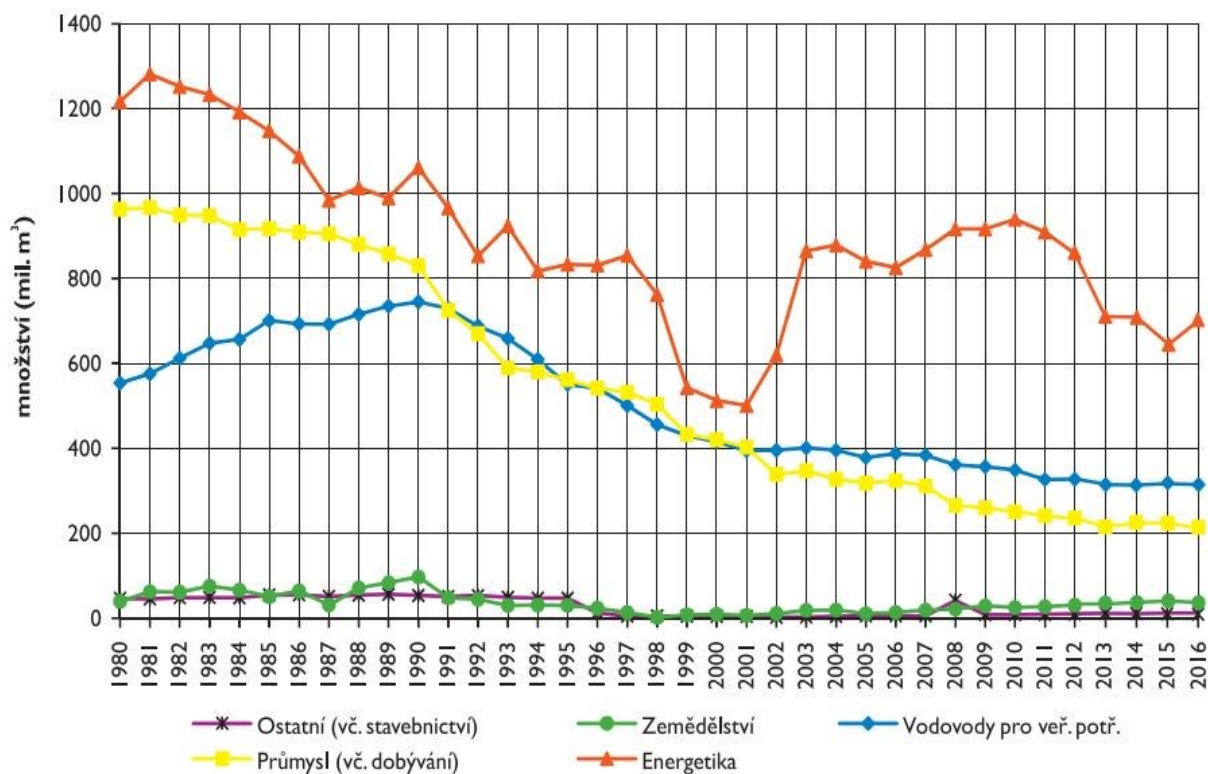


Obr. 2.2. Grafické znázornění objemu vody na Zemi [6]

Podle Světové zdravotnické organizace WHO by měl mít každý člověk k dispozici minimálně 20 litrů vody denně pro pití, vaření, mytí a sanitární potřeby. Skutečná spotřeba vody ve světě se ovšem výrazně liší. Země třetího světa mají průměrnou spotřebu vody 10 litrů/os. za den. Západní Evropa 150-200 litrů/os. za den. V USA je to pak až 300 litrů/os. za den. V České republice je to zhruba 120 litrů/os. na den. V těchto číslech lze vidět jednak nesmírné rozdíly mezi spotřebami vody v různých částech světa, ale taky alarmující stav plýtvání vodou ve vyspělých zemích.

Význam vody na Zemi není důležitý jen pro lidi samotné. Svou důležitost má voda rovněž v energetice, průmyslu nebo zemědělství. Výroba dostatečného množství energie bez vody je v dnešním světě nemyslitelná. Takřka 50 % odebrané povrchové vody v ČR je pro energetiku, jak ukazuje následující graf. Z grafu je patrný klesající trend do roku 2001. Nárůst po roce 2001 je spjat s uvedením Jaderné elektrárny Temelín do provozu. Od roku 2010 vidíme opět pokles odběrů povrchových vod v energetice (Ministerstvo zemědělství, 2017).

Na jednu vyrobenou MWh v jaderných a spalovacích provozech, je průměrně zapotřebí zhruba 12 m³ vody. Při reálné výrobě cca 200 GWh/den v ČR je tak potřeba pro výrobu elektrické energie 2·10⁶ m³/den vody. Elektrárny proto zavádějí opatření, která mají pomoci snížit potřebu odebírané povrchové vody.



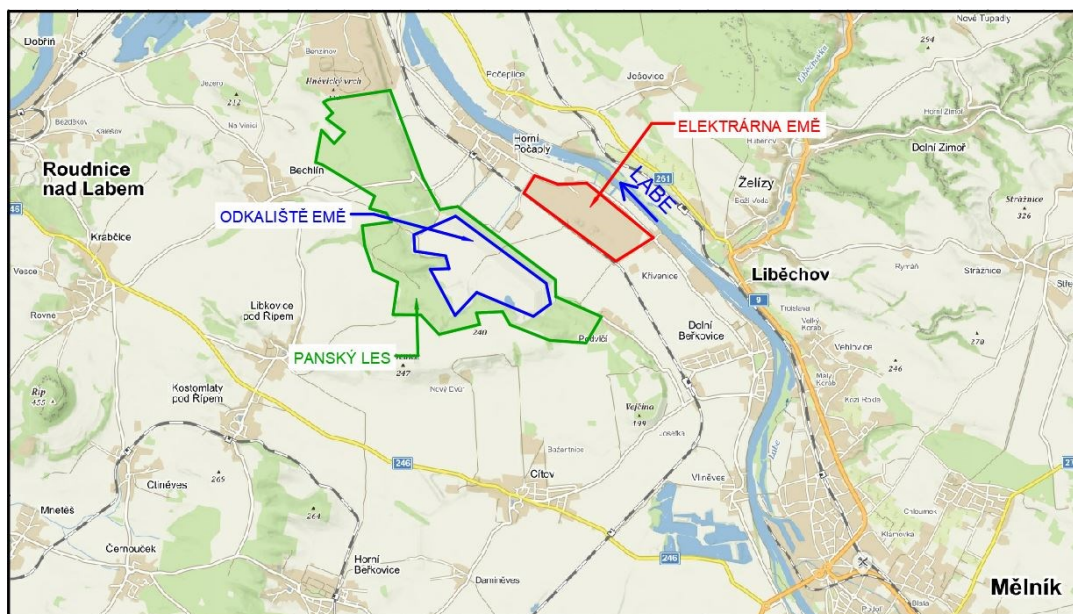
Graf 2.1. Odběry povrchových vod v ČR v letech 1980-2016 [8]

3 Záměr „Odběr a odvodnění strusky z EMĚ III, II a ET“

Elektrárna Mělník, stejně jako i jiné organizační jednotky skupiny ČEZ musely v minulosti řešit závažnou problematiku nakládání s vedlejšími energetickými produkty, jakou je i elektrárnská struska. Následně z této problematiky navazující i vedlejší problém, a sice způsob nakládání s odpadními vodami. Záměrem změny technologie pro odvodnění a ukládání strusky do odkaliště „Panský les“ bylo hned několik. Primárním cílem bylo zamezit ekologického zatížení okolí, ať už se jednalo o radikální snížení množství odebírané vody z řeky Labe, dále snížení, respektive úplné zamezení vypouštění odpadní vody do vod povrchových a rovněž i odlehčení vizuální podoby krajiny kolem elektrárny. Sekundárním cílem bylo snížení stále rostoucích poplatků jednak z odběrů vody z řeky (2450 m³/hod) ale i ukládání odpadů do odkaliště „Panský les“. Terciálním cílem bylo z odpadu (strusky) vyprodukovat certifikovaný stavební materiál (OJ Elektrárna Mělník, © 2018 ČEZ, a.s.).

Již dříve byl zpracován návrh na změnu technologie pro odvodnění elektrárenského strusky (bez strusky z ET) ve 3. možných řešení:

- Redeponizace strusky
- Gravitační odvodnění strusky ve vertikálních nádržích
- Odvodnění strusky vynášením (strojní odvodnění)



Obr. 3.1. Situace širších vztahů – odkaliště „Panský les“ [17]

Za záměrem zjištění ideální varianty byly zpracovány zkoušky proveditelnosti, které potvrdily, že ideálním řešením je varianta redeponizace strusky na odkališti „Panský les“, hlavně z důvodu kladných zkušeností podobných zkoušek při řešení stejné problematiky v elektrárně Tušimice. Jenže po obdržení nepříznivého stanoviska od jedné z účastněných stran, nebylo možno nadále s variantou redeponizace strusky na „Panský les“ uvažovat. Důvodem zamítnutí bylo rozhodnutí o maximální výšce rekultivovaného odkaliště na úroveň + 223 m n.m. Jediným možným řešením pro redeponizaci strusky bylo přemístění odkaliště do areálu EMĚ. Nicméně z důvodu nevyřešení odvodnění strusky z Energotransu (pokud by došlo na zvýšení hydraulického zatížení kazet v areálu EMĚ) a potřebného dočištění vratné vody zpět do technologie, bylo řešení redeponizace strusky kompletně smeteno ze stolu.

Předmětem nového zasedání rady ČEZ bylo jednak vyřešení problému popsaných výše ale rovněž i zhodnocení investičních nákladů nových variant. Výsledkem jednání bylo schválení varianty „Odvodnění strusky na úložišti“, tedy strojního odvodnění.

4 Posouzení vlivů na životní prostředí záměru „Odběr a odvodnění strusky z EMĚ III, II a ET“

Dokumentace EIA řešila posouzení vlivů na životní prostředí záměru „Odběr a odvodnění strusky EMĚ III, II a ET“ dvě varianty odvodnění strusky:

- Var. A - odvodnění strusky redeponizací na odkaliště „Panský les“
- Var. B - strojní odvodnění strusky v areálu EMĚ.

V rámci této práce budou uvedeny pouze body dokumentace EIA věnované čerpané vodě z povrchových vod (řeka Labe) a odpadní vodě vypouštěné po úpravě strusky. Roční produkce strusky se pohybovala v rozmezí 80 000 – 95 000 t suché strusky.

4.1 Vstupní a odpadní voda

Hlavním cílem řešení záměru odběru a odvodnění strusky z EMĚ III, II a ET byly stále se zhoršující ekologické, respektive ekonomické podmínky pro čerpání vody do systému odběru a odvodnění strusky, a následné vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Úspora vstupních vod je patrná z následující tabulky. Z tabulky lze rovněž vidět úspora přírodních zdrojů z hlediska vypouštěné, odpadní vody do Labe.

	Předchozí stav	Varianta A redeponizace	Varianta B strojní odvodnění
Vstup do systému plavení strusky	21,50	13,89	4,38
a) ztráty průsakem		0,73	0,00
b) ztráty vody vázané ve strusce		0,05	0,05
Ztráty celkem	3,90	0,78	0,05
Vypouštěno do Labe	17,60	0,75	0,00
a) voda na CHÚV I pro čiření	0,00	0,10	0,10
b) užitkové vody nahrazené filtr. vodou	0,00	0,33	0,33
c) ucpávková voda	0,00	0,26	0,26
Úspora vody celkem	0,00	0,69	0,69

Tab. 4.1. Bilance vod v systému hydraulické dopravy strusky v mil. t/rok [9]

O hospodárné využívání vodních zdrojů se z hlediska legislativy stará zákon č. 254/2001 Sb. - *Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*.

O přípustné znečištění pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových se stará nařízení vlády č. 401/2015 Sb. - *Nářízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech*. V následující tabulce lze

vidět, jaké přípustné limity byly stanoveny zákonem pro odkaliště popele, a tudíž musely být v rámci odplavení strusky (v předchozím stavu nebo v případě Varianty A) řešeny.

Odkaliště popele:		
pH	-	6-10
NL	mg/l	40
RAS	mg/l	2000

Tab. 4.2. Emisní standardy: přípustné hodnoty znečištění pro odpadní vody vypouštěné na odkaliště popele [13]

4.1.1 Předchozí stav

Dříve fungovala technologie pro odběr a odvodnění strusky jako průtočný systém. Voda byla čerpána z Labe nejprve do chladicího systému elektrárny, část vody bylo poté použito pro hydraulickou dopravu strusky na odkaliště „Panský les“. Po odplavení strusky byla voda jímána přepadovými věžemi a potrubím svedena do příkopu. S vodou zachycenou z drenážního systému pod odkalištěm byla poté zpět svedena do Labe.

4.1.2 Varianta A – Redeponizace strusky

Uzavřením okruhu vody pro plavení strusky a úpravě technologického zařízení BS vede k většímu zahuštění hydrosměsi a tím i k výrazné úspoře vody, jak uvádí Tab. 4.1.. Voda se ztrácí pouze průsakem v hydrodopravě na cestě plavení do tzv. odvodňovacích kazet (2 kazety, 200 x 75 m). Po odplavení strusky do odvodňovacích kazet, se voda gravitačně vrací do elektrárny a je využita v jejich provozech (např. chlazení). Ztráty jsou způsobeny převážně průsakem na dně kazet. V porovnání s předchozím stavem, dojde k výraznému snížení množství vypouštěné vody z EMĚ do Labe a tím k poklesu jak NL, tak i RAS.

4.1.3 Varianta B – Strojní odvodnění

Strojní odvodnění nabízí ještě zajímavější pohled na věc. Z Tab. 4.1. je patrná značná úspora vody oproti předchozímu stavu plavení. Rovněž ztráty jsou zanedbatelné. Nejsou zde žádné ztráty v průsaku v technologii, pouze nepatrná část vody zůstává vázána ve strusce. Hydrosměs (struska plavená s vodou) je svedena do BS, odkud je čerpána do systému odvodnění strusky skrze hydrocyklony. Voda je následně vyčištěná (viz následující obrázek) a vrácena zpět do systému (podrobněji viz. kapitola níže). Odpadní voda vypouštěna do Labe v tomto případě zcela odpadá.



Obr. 4.3. Ukázka průzračnosti vody vrácené zpět do technologie [16]

5 Strojní odvodnění strusky

SOS bylo akciovou společností ČEZ zvoleno jako nejekologičtější a zároveň nejekonomičtější řešení pro odvodnění elektrárenské strusky. Princip fungování SOS je popsán v následujících kapitolách (CAB Minerals, s.r.o. ,2012).

5.1 Popis technologie

Hydrosměs je z jednotlivých kotelen dopravena čerpadly z bagrovacích stanic (viz následující obrázek) do vstupních přijímacích zásobníků, které slouží jako kumulativní a současně separační zařízení prvního stupně.



Obr. 5.1. Bagrovací stanice [16]

Vstupní zásobník slouží k separaci strusky hrubého zrna 0,2 – 30 mm od jemné strusky o velikosti zrna menšího 0,2 mm. Zásobníky jsou navrženy na přísun maximálního objemu 59,91 t/hod (průměrné množství je 21,74 t/hod) strusky zrnitosti 0-30 mm ve směsi s vodou tak, aby celkové maximální množství hydrosměsi bylo 1195 m³/hod.

Hrubá struska je odsávána čerpadlem a jemná struska je proudem vody vynášena k přepravové hraně zásobníku. Tímto uspořádáním je využita separační funkce vstupního zásobníku. Hrubá frakce z přijímacího zásobníku je dopravována do nádrže splittingu, kde je hrubá hydrosměs rozdělena na dvě části, a to spodní výpustí pro hrubý materiál a horním přepadem pro redukováné množství vody. Maximální přepad hydrosměsi je 125 m³/hod. Hydrosměs z přepadu splittingového zásobníku je vedena do čerpací vany pod třídičem. Hrubý materiál vč. vody 350 m³/hod ze spodní výpusti splittingového zásobníku je veden přímo rozprostírací lištou na odvodňovací třídič.

V čerpací komoře je sloučeno množství přepadu ze splittingového zásobníku, propad přes síťovou plochu třídiče (340 m³/hod) a v případě provozu jedné elektrárny vyrovnávací množství hladin z druhé (přepadové) vany. Toto celkové množství max. 465 m³/hod je čerpáno čerpadlem do multicyklonu (6ks Hydrocyklonů - viz následující obrázek).



Obr. 5.2. Multicyklon [16]

Přepadová voda z multicyklonu je vedena do třetí komory vany pod třídičem. Multicyklon slouží k separaci strusky z vody na hranici 63 μm. Souběžná cesta dopravy jemnozrného podílu strusky vede výtlačným potrubím do třetí komory vany pod třídičem. Maximální množství 750 m³/hod je čerpáno čerpadlem do velkého Clusteru (viz následující obrázek). Přepadová voda Clusteru je vedena do druhé (přepadové) komory vany. Přepadová voda z clusteru obsahuje zrna menší než 0,03-0,04 mm.



Obr. 5.3. Velký Cluster [16]

Z přepadové vany pod třídičem je voda odváděna dvěma přepadovými potrubími. Jedním potrubím je vedena voda do okruhu čiření vody. Druhým potrubím je voda vedena do nádrže provozní vody. Množství vody je do obou potrubí rozděleno přibližně na poloviny 568,5/568,5 m³/hod.

Na potrubí do okruhu čiření vody je blízko přepadu umístěn statický směšovač. Před směšovačem je do potrubí zaústěno dávkování koagulantu a flokulantu (viz kapitola níže) pro vytvoření vhodného chemického prostředí na vývin sedimentačních vloček.

V zásobnících o objemu 150 m³ dochází k sedimentování shluků flokulačního činidla a jemné strusky za současného pohybu čisté vody vzhůru, která přepadá do přepadového žlabu (viz následující obrázek) a potrubím je vedena do nádrže provozní vody.



Obr. 5.4. Sedimentační nádrž – přepad čisté vody [16]

Stírání dna obou flokulačních separačních zásobníků je řešeno míchadlem s řezacím hřebenem pro eliminaci ucpání kalem výtoku sacího potrubí. Míchadlo slouží také k promíchávání vody s roztokem flokulantu a slouží k lepší účinnosti sedimentace.

Odběr kalů je řešen hadicovými čerpadly, která odčerpávají kal z flokulačních zásobníků přímo na třídič. Čerpadla čerpají kal nepřetržitě v koncentraci cca 40 % sušiny a 60% vody v celkovém množství cca 2,0 m³/hod.

Z flokulačních sedimentačních zásobníků je odváděna nadbilanční voda čerpadly na CHÚV I v maximálním množství 170 m³/hod.

Nádrž provozní vody je řešena jako společná pro všechny tři elektrárny. Nádrž má objem 195 m³ a je osazena 6 čerpadly, které po dvojicích slouží pro každou elektrárnu. Vratná voda je čerpána výtlačným potrubím samostatně pro každou elektrárnu.

Odvodněná struska (viz následující obrázek) je z odvodňovacího třídiče předána na reverzní pásový dopravník, kterým je struska předávána tří expedičních zásobníků.



Obr. 5.5. Výnos odvodněné strusky z třídiče na pás [16]

Tyto zásobníky reprezentují objem odvodněné strusky ze 48 hodin provozu při průměrné kapacitě 21 t/hod odvodněné strusky. Celkový vodní objem zásobníků je 1515 m³ a celkový užitný objem zásobníků je 1174,5 m³. Tyto zásobníky současně slouží ke konečnému doodvodnění strusky (viz následující obrázek) skrze tzv. doodvodňovací svíčky.

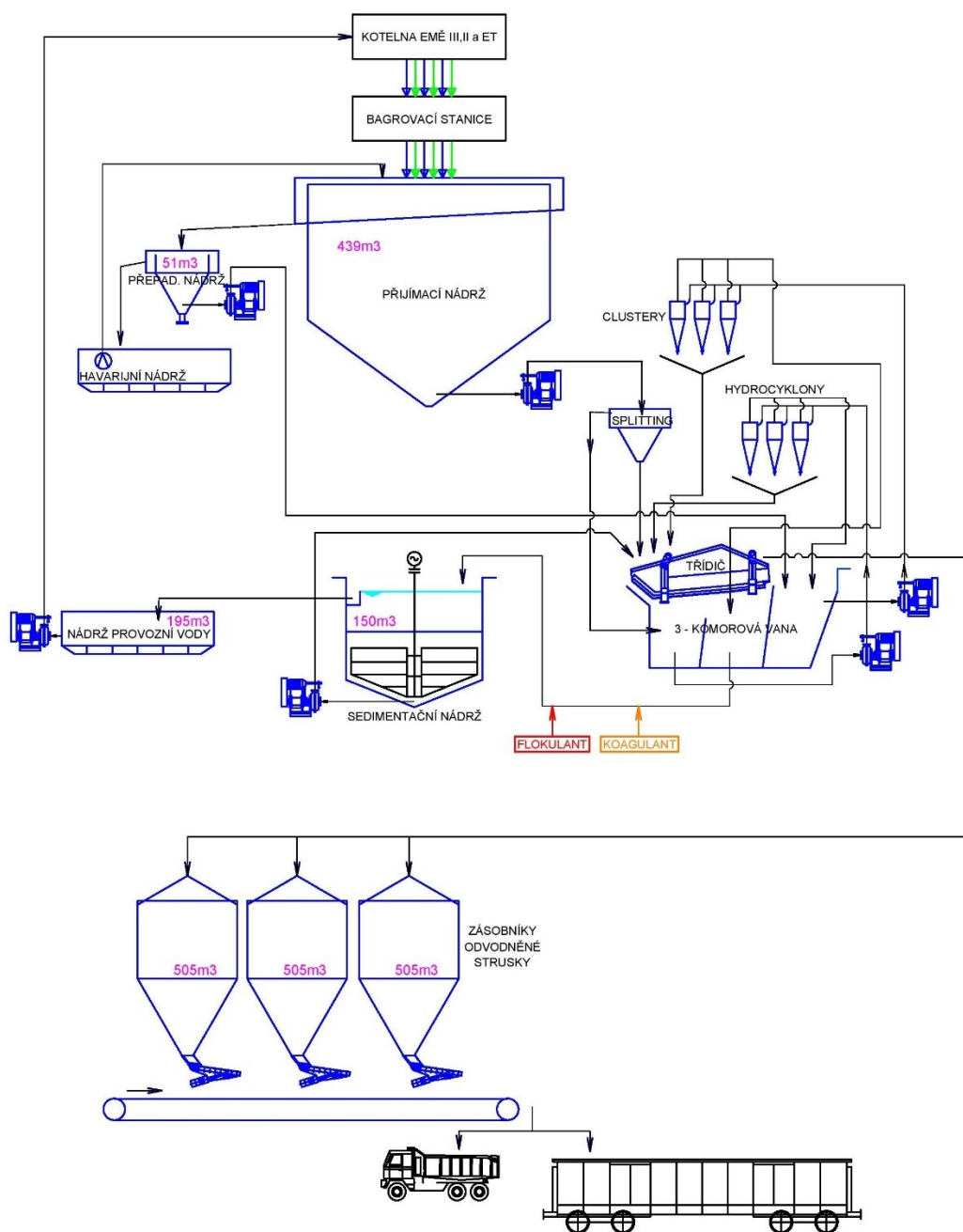


Obr. 5.6. Zásobník odvodněné strusky s doodvodňovacími svíčkami [16]

Ze zásobníků je odvodněná struska odebírána vibračním podavačem. Podavač je osazen tzv. „falešným“ dnem vytvořeným odvodňovacími dlaždicemi pro odvodnění zvodnělé vrstvy strusky při začátku vyprazdňování zásobníku. Podavač dopravuje strusku na pásový dopravník až po expediční centrum.

5.2 Schéma technologie

Zjednodušené schéma SOS názorně ukazuje princip celé technologie (viz. následující obrázek).



Obr. 5.7. Schéma technologie [17]

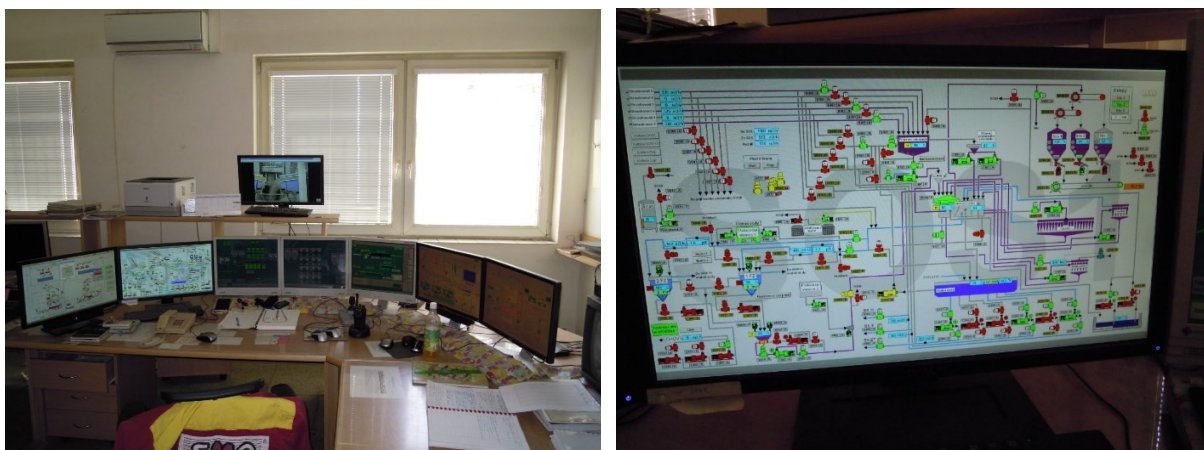
5.3 Průtoky v jednotlivých částech technologie

V následující tabulce jsou uvedeny průtoky v jednotlivých částech technologie. Sloupce Výstup a Vstup definují samotné uzly v technologii. Sloupec Princip představuje, na jakém principu se v daném uzlu hydrosměs pohybuje (pomocí čerpadla, samospádem, přelivem, apod.). Sloupec s názvem Hydrosměs udává množství protékající hydrosměsi v určitém uzlu. Sloupec Zrnitost ukazuje zrnitost strusky v hydrosměsi, tedy rozsah velikostí zrn. V tomto sloupci lze vidět postupné vyřídění strusky z vody až na hranici 30 μm . Sloupec s názvem Struska udává, kolik tun hodinově strusky projde daným uzlem technologie a poslední sloupec znázorňuje množství – gramů strusky na jeden litr hydrosměsi. V tomto sloupci jsou uvedeny účinnosti jednotlivých technologií, jako např. hydrocyklon, který je schopen separovat strusku na hranici 63 μm . Hydrosměs do hydrocyklonu vstupuje s hustotou 118 gramů strusky na litr. Spodním výnosem vystupuje směs o hustotě 1779 g/L hydrosměsi a přepadem z hydrocyklonu poté 19 g/L takřka čisté vody. V případě Clusteru (až 21 malých hydrocyklonů spojených do jedné sestavy) separujeme strusku na hranici až 30 μm .

VÝSTUP	VSTUP	PRINCIP	HYDROSMĚS m ³ /h	ZRNITOST mm	STRUSKA t/h	STRUSKA g/L
Kotelny EMĚ III, II, ET	BS II, III, ET	Spád	1195,0	0-30	75,00	64,7
BS II, III, ET	Přijímací zásobník	Čerpadlo	1195,0	0-30	75,00	64,7
Přijímací zásobník	Přepadová Nádrž	Přepad	720,0	0-1	6,30	9,0
Přepad. Nádrž	Havarijní nádrž	Nouzový přepad	460,0	-	-	-
Přijímací zásobník	Nádrž splittingu	Čerpadlo	475,0	0-30	68,70	155,0
Nádrž splittingu	1. komora vany	Přepad	125,0	0,2-4	49,20	140,0
Nádrž splittingu	Ovdoňovací třídič	Spád	350,0	0,2-30	19,40	214,3
Ovdoň. Třídič	1. komora vany	Skrze síta třídiče	-	-	-	-
1. komora vany	Multicyklon	Čerpadlo	465,0	0-4	50,30	118,0
Multicyklon	Ovdoňovací třídič	Výnos	44,0	0,063-4	50,10	1779,0
Multicyklon	3. komora vany (přečerp.)	Přepad	421,0	0-0,063	0,13	19,1
Přepad. Nádrž	3. komora vany	Čerpadlo	360,0	0-1	49,20	140,0
3. komora vany	Velký Cluster	Čerpadlo	780,0	0-1	5,25	6,9
Velký Cluster	Ovdoňovací třídič	Výnos	2,5	0,03-0,2	5,15	1846,0
Velký Cluster	2. komora vany (přepad.)	Přepad	777,5	0-0,03	0,11	3,8
3. komora vany	Malý cluster	Čerpadlo	445,0	0-1	-	5,9
Malý cluster	2. komora vany	Přepad	440,0	0-0,03	-	3,3
Malý cluster	Ovdoňovací třídič	Výnos	2,0	0,03-0,2	-	857,0
2. komora vany	Flok. sep. zásobníky 1,2	Přepad	568,5	0-0,03	0,13	0,2
2. komora vany	Nádrž provozní vody	Přepad	568,5	0-0,03	0,13	0,2
Flok. sep. zásobníky 1,2	Nádrž provozní vody	Přepad	350 + 250	0-0,03	0,11	0,2
Flok. sep. zásobníky 1,2	CHUV I	Nadbil. vody-čerpadlo	170,0	0-0,03	-	0,2
Flok. sep. zásobníky 1,2	Ovdoňovací třídič	Čerpadlo	0,0 - 4,0	0-0,03	0,13	314,0
Nádrž provozní vody	Kotelny EMĚ III, II, ET	Čerpadlo	1169,0	-	-	1,9
Ovdoň. Třídič	Zásobníky odvod. strusky	Pásový dopravník	-	-	21,74	-
Zásobníky odvod. strusky	Expediční centrum	Vibrační podavač	-	-	21,74	-

Tab. 5.8. Průtoky technologií [17]

O kontrolu a monitoring celého procesu odvodnění strusky se starají, mimo lidského faktoru, elektronika, sensory a moderní IT systémy, viz následující obrázky.



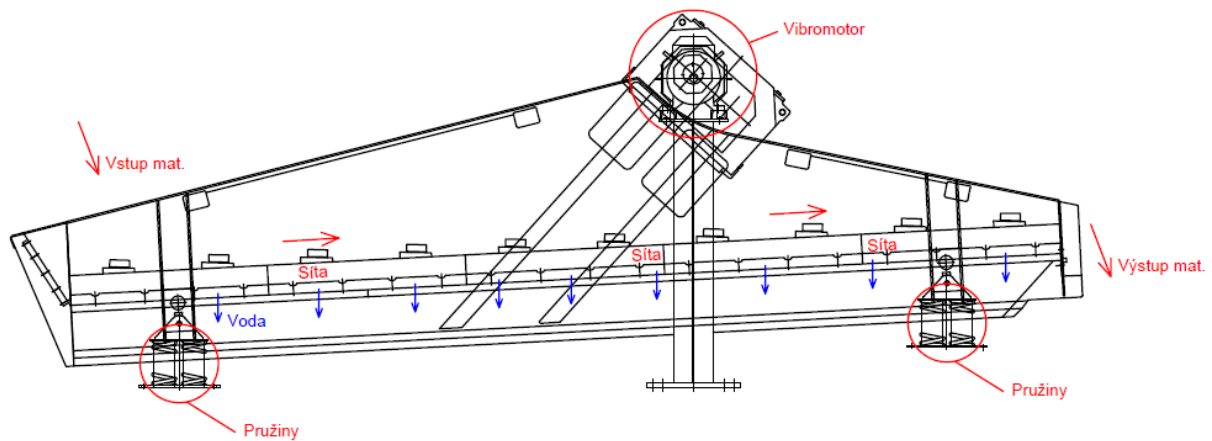
Obr. 5.9. Velín SOS EMĚ [16]

5.4 Části technologie odvodnění strusky

5.4.1 Odvodňovací třídič

Principem odvodňovacího třídiče si lze představit na principu obyčejného, kuchyňského síta. Tělo třídiče je posazeno na patkách skrze velké pružiny. Dno třídiče je vybaveno vyměnitelnými, polyuretanovými síty s oky velkými podle potřeb třídění. K tělu třídiče jsou připevněny vibromotory, které fungují na principu vyosené hřídele a při provozu třepou s třídičem, čímž dochází k prosévání tuhých částic skrze síta. Směs o velikosti zrn větších než velikost ok sít postupuje třídičem až k výstupu materiálu, kde dopadají na pásový dopravník. Směs o zrnitosti menší než jsou velikosti ok v sítích propadají pod třídič, většinou do vany, z které je směs čerpána na další uzel v technologii zpracování nebo může být směs čerpána i na kalové pole.

Použití najde odvodňovací třídič hlavně při praní písku, těžebním průmyslu, lomech atd. Technologie pro vytřízení písků v pískovnách, se skládá např. ze 3 odvodňovacích třídičů. Každý z nich má jinou tloušťku ok v sítích pro různé potřeby dle frakce vytřízeného materiálu od šterku, šterkopísku, písku pro stavebnictví až po sklářské písky.



Obr. 5.10. Odvodňovací třídič [17]

5.4.2 Hydrocyklon

Hydrocyklon je založen na dvou silách: odstředivé a gravitační. Tyto síly jsou obvykle vytvářeny odstředivým čerpadlem a časovým účinkem gravitace. Materiál je dopravován do separátoru tangenciálním vtokem (1), který vytváří rotačním efektem odstředivou sílu, což způsobuje, že částice s vyšší hustotou jsou vytlačovány k povrchu hydrocyklonu. V důsledku nepřetržitého toku materiálu do obráceného kužele hydrocyklonu, tyto vířením separované částice usadají do ústí (2). Voda, jemné podíly, prach a jíly stoupají vířivě vzhůru do přepadu (3) a jsou odváděny přepadovou trubicou (4). Vypouštěcí tryska (5), nasazená na ústí hrdla hydrocyklonu, vytváří sifonový efekt, který opačně vytváří podtlak ve spodní výtokové části hydrocyklonu. Toto vakuum je dostatečné k tomu, aby udrželo vypouštěcí trysku uzavřenou a tak se odtahovala většina vody a kalu horním přepadem.



Obr. 5.11. Hydrocyklon [14]

Když hmotnost pevných částic uvnitř hydrocyklonu je dostatečná k překonání vakua, je vypouštěcí taška vahou částic otevřena a odpouští pevné podíly. Podtlak v hydrocyklonu a tím i hustota vypouštěného materiálu jsou ovládnány zavzdušňovacím ventilem přišroubovaný na přepadovém potrubí, což umožňuje regulovat sifonový efekt (Linatex s.r.o., 2014).

Hydrocyklony jsou jednoduchým a ekonomicky nenáročným prostředkem třídění, zejména v okruzích brusných a abrazivních provozů. Jsou také široce využívány

při odvodňování pevných látek z kalových toků, k odloučení bahna z písku a k zpětnému získání jemných částic z odpadních toků.

5.4.3 Přepočet nádrže provozní vody

V rámci bakalářské práce byl proveden kontrolní přepočet nádrže provozní vody. Průtoky $Q^I - Q^V$ jsou množství potřebné vody pro celou elektrárnu na odtoku nádrže v čase.

Počet hodin	6	4	4	3	7
Průtok	Q^I	Q^{II}	Q^{III}	Q^{IV}	Q^V
Množství t/hod	1166	1183	1179	1189	1148

Tab. 5.12. Průtoky vody nádrží provozní vody [17]

Výpočet přítoku vody m_{H_2O} (t/hod) do nádrže spočítáme jako průměrný přítok $Q^I - Q^V$ v průběhu 24 hod.

$$m_{H_2O} = \frac{Q^I + Q^{II} + Q^{III} + Q^{IV} + Q^V}{24} \left[\frac{t}{hod} \right] \quad (1)$$

$$m_{H_2O} = \frac{1166 + 1183 + 1179 + 1189 + 1148}{24} \left[\frac{t}{hod} \right]$$

$$m_{H_2O} = 1168,63 \frac{t}{hod}$$

Dále bylo nutné spočítat rozdíly mezi množstvím vody na odtoku a množstvím průměrného přítoku vody do nádrže v čase, viz sloupec Rozdíl v následující tabulce. Akumulovaný objem poté uvádí množství naakumulované vody v nádrži v určitém časovém intervalu. Poslední sloupec následující tabulky, Úbytek vody, uvádí buďto úbytek nebo naopak přebytek vody v nádrži spočítaný jako součet naakumulovaného objemu v předchozím časovém intervalu s poklesem, respektive nárůstem hladiny vody ke konci předchozího časového intervalu.

Čas změny množství	Množství na odtoku	Množství na přítoku	Rozdíl	Doba trvání	Akumulovaný objem	Úbytek vody
	<i>m³/h</i>	<i>m³/h</i>	<i>m³</i>	<i>hod</i>	<i>m³</i>	<i>m³</i>
6:00	1166,00	1168,63	2,63	6,00	15,75	0,00
12:00	1183,00	1168,63	-14,38	4,00	-57,50	15,75
16:00	1179,00	1168,63	-10,38	4,00	-41,50	-41,75
20:00	1189,00	1168,63	-20,38	3,00	-61,13	-83,25
23:00	1148,00	1168,63	20,63	7,00	144,38	-144,38
6:00						0,00

Tab. 5.13. Výpočet poklesů hladin v čase [17]

Největší pokles hladiny nastal večer, byl způsoben denní špičkou a dosáhl 144,38 m³. Naopak k největšímu nárůstu hladiny došlo v ranních hodinách, a sice 15,75 m³.

Výpočet objemu nádrže je pak spočítán jako součet absolutní hodnoty poklesu hladiny v nádrži s nárůstem hladiny.

$$V_0 = |-144,38| + 15,75 [m^3] \quad (2)$$

$$V_0 = 160,13 m^3$$

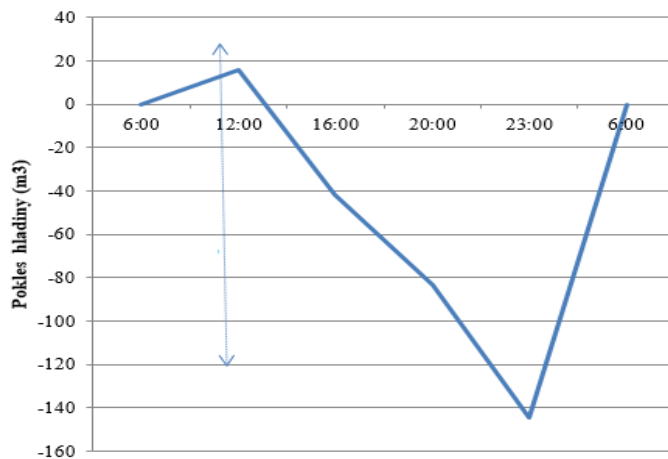
Z důvodu bezpečnosti proti přetečení vody před špičkou, násobím výsledek koeficientem $k = 1,2$ (20% rezerva).

$$V = V_0 \cdot k [m^3] \quad (3)$$

$$V = 160,13 \cdot 1,2$$

$$V = 192,15 m^3$$

Stávající nádrž provozní vody byla dimenzovaná na 195 m³ vody. Tímto kontrolním výpočtem byla dokázána správnost výpočtu navržené nádrže provozní vody projektantem.



Graf 5.14. Pokles hladiny v nádrži [17]

6 Čiření vody

V rámci strojního odvodnění strusky jsme se setkali s pojmem koagulace, flokulace a sedimentace. Všechny tyto pojmy lze začlenit do procesu čiření vody. Ale nejen v rámci odvodnění strusky, ale třeba i v čističkách odpadních vod nebo při úpravě vod povrchových na vodu pitnou. Čiření vody je technologický proces, principiálně podobný procesu filtrace vody, a sice separace tuhých látek (kalů) z vody. V případě, kdy se pro vodu s vyšším obsahem suspendovaných látek použije pouze filtrace, je proces samotné filtrace zdlouhavý, čili nákladný. V těchto podmínkách je proto vhodné zavést před proces filtrace technologii čiření vody (Pavel Hübner, 2010).

Čiření vody se skládá ze 3 fází. První fáze, tzv. koagulace je děj, při kterém dochází k eliminaci náboje částice. Tato fáze trvá krátce, řádově pouze pár minut. Důležité pro tuto fázi je hlavně důkladné promíchání vody s čirícími chemikáliemi. Druhá fáze, flokulace, je proces, při kterém dochází ke srážení malých, tuhých částic ve vodě do větších částí - tzv. vloček. Tyto vločky jsou již dost velké, aby umožňovaly třetí fázi čiření, a sice sedimentaci tuhých látek (kalů) na dně nádrže a následnému odčerpání do další fáze technologické úpravy vody, čímž je většinou filtrace (v případě SOS zpět na odvodňovací třídič). Na tyto 3 fáze se podíváme podrobněji v následující kapitole.

6.1 Fáze čirícího procesu

6.1.1 Koagulace

Koagulace, je proces, jehož primární funkcí je navázání koagulantu na tuhé částičky v odpadní vodě (strusku) a vnést na ně kladný náboj, potřebný pro další fázi čiření - flokulaci. Sekundární funkcí je přechod koloidního systému v systém hrubě disperzní.

Jako koagulant se většinou používá $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ – síran železitý, popř. FeCl_3 – chlorid železitý. Dříve se FeCl_3 jako koagulant moc nepoužíval z důvodu vyšší ceny a časté nedostupnosti na tuzemském trhu. Nicméně použití koagulantu FeCl_3 přináší do technologie řadu výhod:

- Vzniká lépe sedimentující kal,
- je podstatně stabilnější v koncentrovaném stavu,
- kontrola dávky chloridů je jednodušší než kontrola dávky síranů.

Koagulant (v případě SOS $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) je důležité dávkovat do technologie v místě, kde je zaručena dobrá turbulence média (odpadní vody) a je předpoklad dobrého a rychlého promísení koagulantu s médiem.

V případě SOS bylo dávkování koagulantu navrženo, dle laboratorních výsledků a provozních zkoušek, na cca 40 – 50 g/m^3 odpadní vody se struskou. V přepočtu je to 26 – 33 ml síranu železitého na m^3 vody. Při aktuální úpravě 568,5 m^3/hod je zapotřebí dávkovat 14,8 – 18,7 l/hod síranu železitého. Z tohoto důvodu byla dávkovací nádrž koagulantu navržena na cca 8 m^3 síranu železitého (viz. následující obrázek). Koagulant se dávkuje přímo v takovém stavu, v jakém ho dodavatel dodal. Oproti flokulantu tedy již není potřebná další úprava koagulantu.



Obr. 6.1. Dávkovací nádrž koagulantu v SOS EMĚ [16]

6.1.2 Flokulace

Flokulace je druhá fáze čiření vody. Je to proces, při kterém se aplikuje organický polymer, který na sebe naváže kladně nabitě mikrovločky, vytvořené ve fázi koagulace, a tím vytvoří velké, těžké vločky, které klesají ve vodě pro další fázi čiření – sedimentaci.

Dávkovací místo by mělo být opět v místě s turbulencí, pro kvalitní promíchání organického polymeru s mikrovločkami z koagulace, avšak za místem dávkování by již nemělo být proudění žádné z důvodu mechanické odolnosti vytvořených větších vloček, které by se při mechanickém namáhání opět rozpadly do mikrovloček, které by hůře sedimentovaly.

Ideálním místem pro dávkování flokulantu je proto do nátoku těsně před usazovací nádrží. Reakční rychlost je takřka okamžitá, předpokládá se pouze promísení polymeru s odpadní vodou.

Na rozdíl od koagulantu, který není potřeba před aplikaci v provozu nijak upravovat, je flokulant dodáván ve formě 25 kg pytlů a je potřeba jej promístit ve speciální nádrži s čistou vodou. Vzniklý pracovní roztok by měl mít koncentraci zhruba 0,1 – 0,3 %.

V případě SOS bylo dávkování navrženo, opět dle laboratorních a provozních zkoušek, na 1 – 2 g/m³ odpadní vody, v přepočtu 1 – 2 litry roztoku o koncentraci 0,2 % na m³ odpadní vody. Při aktuální úpravě 568,5 m³/hod je zapotřebí dávkovat 568,5 - 1137 litrů roztoku s flokulantem za hodinu. Rozpouštěcí stanice se s dávkovacím čerpadlem většinou dodávají společně (viz. následující obrázek).

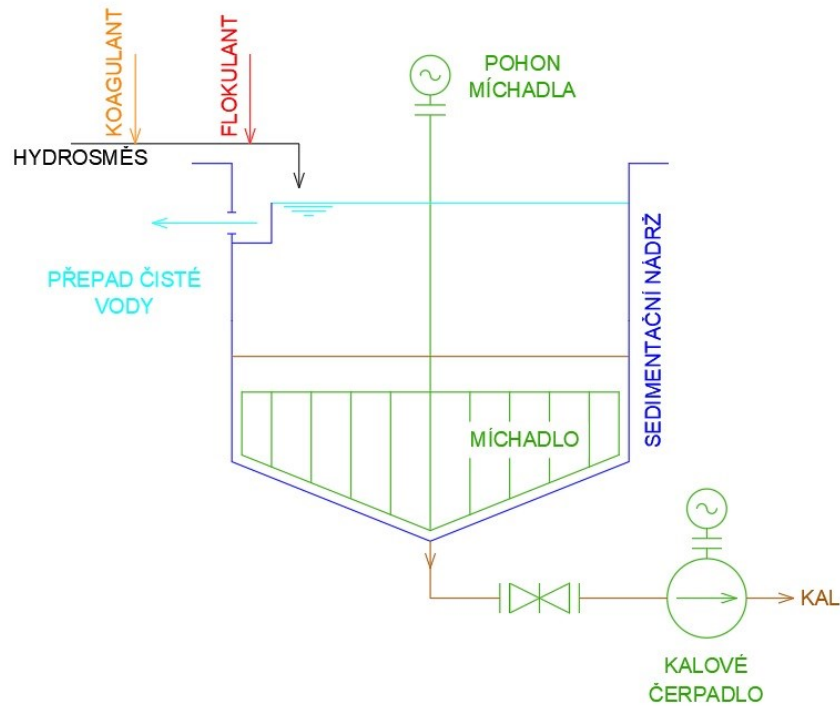


Obr. 6.2. Dávkovací stanice flokulantu SOS EMĚ [16]

6.1.3 Sedimentace

Sedimentace, neboli gravitační zahuštění, je finální fází čiření vody před samotnou filtrací. Sedimentace je proces, který využívá gravitační zákon, kdy velké a těžké vločky vytvořené předešlou koagulací a flokulací klesají ke dnu sedimentační nádrže, kde jsou kalovým čerpadlem čerpány do dalšího stupně technologie úpravy vody. Čistá voda poté opouští nádrž přepadem umístěným ve vrchní části nádrže. Z důvodu eliminace ucpání výtoku

do čerpadla kalem, je sedimentační nádrž osazena míchadlem s řezacím hřebenem. Míchadlo je navrženo na pomalý chod, řádově jen několik otáček za minutu. Slouží totiž také pro promíchávání roztoku flokulantu s odpadní vodou a pomáhá procesu sedimentace vloček.



Obr. 6.3. Sedimentační nádrž [17]

7 Úspory spojené s novou technologií plavení strusky

Zavedením technologie odvodnění strusky do procesu odvodnění strusky v elektrárně Mělník bylo úsporným počinem. Z pohledu ochrany životního prostředí, hlavně tedy šetřením povrchových vod a zároveň vypouštěním znečištěné vody zpět do vod povrchových. Nezanedbatelnou úsporou je rovněž úspora energetické náročnosti projektu. S těmito úsporami za čerpanou vodu a elektrickou energii je úzce spjata i finanční úspora. Pro představu, jenom za odebranou vodu zaplatil ČEZ v roce před zavedením nové technologie na odvodnění strusky cca 18 mil. Kč s výhledem ročního růstu poplatků až o 10 %. Za el. energii, kterou ČEZ ušetřil zavedením SOS, a při aktuální ceně prodeje el. energie

1 kWh = 1 Kč, ušetří ročně 5 mil. Kč. K těmto úsporám za čerpanou vodu a el. energii je nutno připočítat ještě poplatky za vypouštění znečištěné vody zpět do vod povrchových, pronájem půdy potřebné pro plavení strusky (předchozí stav a varianta A - redeponizace) a přičíst výnosy spojené s prodejem strusky jako certifikovaného stavebního materiálu.

Jaké jsou ale přesnější cifry úspor za čerpanou vodu a el. energii, na to se podíváme v následující kapitole (OJ Elektrárna Mělník, © 2018 ČEZ, a.s.).

7.1 Voda

Úspora čerpané vody z Labe byla primárním cílem zavedené nové technologie. Jak již bylo popsáno v 2. kapitole, jsou podobná opatření pro životní prostředí opravdu nezbytná. Dle statistického vyhodnocení spotřeby a potřeby vody na výrobu brutto 1 MWh patřila elektrárna Mělník mezi odběratele s nejvíce odebraným množstvím vody na vyrobenou 1 MWh (s ele. Hodonín a Opatovicemi). Skutečné hodnoty odebrané a spotřebované vody můžeme vidět v následující tabulce.

Energetický provoz	Druh výroby	Typ chlazení	Spotřebovaná voda [m ³ /brutto MWh]				Odebraná voda [m ³ /brutto MWh]				Poměr spotřebovaná/odebraná [%]			
			Min.	Max.	Medián	Průměr	Min.	Max.	Medián	Průměr	Min.	Max.	Medián	Průměr
Hodonín	PE	Průtočný systém	0,35	2,17	0,46	0,85	155,43	198,63	169,80	175,44	0,20	1,20	0,30	0,50
Mělník I, II a III	PE	Průtočný systém (EMÉ I a II), cirkulační systém s chladicí věží Itterson s možností průtočného chlazení (EMÉ III)	1,66	3,32	2,38	2,35	69,86	96,23	81,12	80,68	2,30	4,10	2,80	2,90
Opatovice	PE	Průtočný systém	0,64	0,87	0,79	0,79	76,68	100,82	81,37	84,76	0,80	1,10	1,00	0,90

Tab. 7.1. Statistické vyhodnocení spotřeby a potřeby vody na výrobu brutto 1 MWh [6]

Nejdříve bychom si měli vysvětlit rozdíl mezi potřebou (v tabulce „Odebraná voda“) a spotřebou vody v elektrárně. Potřeba je celkové množství odebrané vody v čase. Závisí

převážně na přírodních faktorech, jako např. teplotě okolního vzduchu (velikost chlazení) – potřeby vody pro chlazení budou v jižní Itálii jiné než na severu Norska. Dále závisí na kvalitě vody ve vodním zdroji, kdy v případě dobré kvality vody je možnost zavést technologii pro pravidelnou recirkulaci vody. A v neposlední řadě záleží třeba i na vlhkosti vzduchu a dalších faktorech. Naproti tomu spotřebu definujeme jako rozdíl mezi potřebou a množstvím vody vypouštěným zpět do koloběhu vody. V tomto případě záleží převážně na typu technologie chlazení nebo účinnosti zařízení pro výrobu elektrické energie a tepla.

Mělník disponuje ve všech svých provozech, a sice Mělníku II, III a ET, celkovým instalovaným výkonem 1072 MW (2 x 110 MW, 1 x 500 MW, 4 x 60 MW). Při průměrných 80,68 m³ odebrané vody na vyrobení 1 MWh elektrické energie a předpokladu, že elektrárna jela na plný výkon, odebírala zhruba 86500 m³/hod z Labe. Ovšem většina této vody se vrací zpět do koloběhu vody v přírodě. Když se podíváme na spotřebovanou vodu, tedy průměrně 2,35 m³ na vyrobení 1 MWh elektrické energie a předpokládáme opět, že elektrárna pojede na plný výkon, spotřebuje zhruba 2520 m³/hod vody, které se už do přírody nevrátí.

Jak již bylo popsáno v kapitole 4.1, reálná potřeba vody před zavedením nové technologie pro odvodnění strusky, byla 21,5 mil m³/rok vody, v přepočtu tedy přes 2450 m³/hod. Spotřeba (ztráty) v technologii činila 3,9 mil m³/rok vody, tedy 445 m³/hod. Rozdíl potřeby a spotřeby, tedy 17,6 mil m³/rok (2010 m³/hod) vody bylo vráceno zpět do povrchových vod skrze plavení strusky na kalové pole.

S původně uvažovanou variantou A, a sice odvodněním strusky redeponizací na odkaliště „Panský les“ by úspory vody byly značné. Ne však tak, jako v případě Varianty B – SOS, která je popsána, z hlediska úspory vody, níže. Potřeba a spotřeba vody by při zavedení technologie redeponizace na odkaliště byla následující. Reálná potřeba vody by činila 13,89 mil m³/rok vody, tedy 1585 m³/hod. Spotřeba vody, převážně skrze ztráty průsakem v technologii, by činila 0,78 mil m³/rok vody, tedy 90 m³/hod. Vypouštěno by potom bylo 0,75 mil m³/rok vody, tedy 85 m³/hod. Úspora potřebné vody by klesla o 35,4 % a úspora spotřebované vody by klesla až o 80 % oproti původnímu stavu.

Zavedením strojního odvodnění strusky, klesla potřeba vody na 4,38 mil m³/rok vody, v přepočtu tedy 500 m³/hod. Především spotřeba skrze navázanou vodu ve vyexpedované strusce klesla na zanedbatelných 0,05 mil m³/rok (6 m³/hod) vody. Potřeba vody s novou technologií klesla o 80,4 % a spotřeba klesla až o 98,8 %.

7.2 Energetická náročnost

Úspora elektrické energie potřebné při odplavování strusky byla sekundárním cílem zavedením nové technologie. Tehdejší spotřeba energie činila 10 GWh/rok (bez ET). Energii spotřebovala převážně čerpadla v bagrovacích stanicích k vytlačení hydrosměsi na kalové pole. V bagrovací stanici pro EMĚ III bylo například používáno 12 bagrovacích čerpadel s oběžným kolem o průměru 580 mm. V BS pro EMĚ II bylo dokonce 14 těchto bagrovacích čerpadel.

Varianta A, a sice redeponizace strusky na odkaliště „Panský les“, počítala se snížením množství hydrosměsi, neboli zvýšením hustoty hydrosměsi, a tím snížení čerpací práce potřebné k odplavení strusky. Energetická náročnost by se snížila na 2650 MWh/rok. Úspora elektrické energie by tedy byla o více jak 75 %.

Varianta B - Strojní odvodnění strusky, co se uspořené elektrické energie týče, není tak značná jako v případě varianty A - redeponizací. Je ovšem rovněž znatelná oproti původnímu stavu. Současná spotřeba elektrické energie se pohybuje kolem 5 GWh/rok pro všechny 3 provozny elektrárny. Snížením potřebné práce pro čerpání a dopravu hydrosměsi z kotelen elektrárny na kalové pole mělo za následek úsporu el. energie o více jak 50 %.

8 Závěr

Kroky vedoucí k šetrnému zacházení s vodou jsou v dnešní době velice aktuálním tématem, nad kterým je potřeba se zamyslet. Tato bakalářská práce měla za cíl vysvětlit, proč je důležité zavádět tyto kroky a zároveň ukázat možnosti šetření vody v energetice, která vede nechtěné prvenství v množství odčerpané vody z přírody.

Teoretická část práce se zabývá důvody proč šetřit sladkou vodou. Následně byl čtenář seznámen se záměrem odběru a odvodnění elektrárenské strusky v elektrárně Mělník. S tímto záměrem je spojen i popis původního stavu odvodnění strusky v elektrárně, a sice odčerpávání vody se struskou z kotelen na kalové pole, které je nejméně šetrné k přírodním zdrojům i firemním výdajům. Poté byly vysvětleny rozdíly mezi dvěma nově uvažovanými variantami pro odvodnění strusky. Jednou z variant je Redeponizace strusky na odkaliště a druhou variantou Strojní odvodnění strusky. Srovnali jsme si rozdíly, ukázali výhody a nevýhody jednotlivých variant a zdůvodnili finální rozhodnutí skupiny ČEZ a.s., kterým byla varianta Strojního odvodnění strusky.

Teoretická část práce rovněž podrobně popisuje princip fungování Strojního odvodnění strusky. Postupně byly popsány jednotlivé technologické uzly celé technologie, jako je například hydrocyklon, třídíč nebo čiření vody.

Součástí praktické části práce je kontrolní přepočítání nádrže provozní vody, kterým potvrzují správnost výpočtu současné nádrže. Závěr praktické části popisuje úspory se zavedením nové technologie pro odvodnění strusky se srovnáním oproti předchozímu stavu.

Věřím, že tato bakalářská práce by mohla být přínosná pro čtenáře zajímavějšího se o problematiku plýtvání s vodou. Na své si přijdou rovněž čtenáři zajímavější se o možnosti nových technologií, které vedou k úsporám vody v energetice.

Seznam použité literatury

- [1] KYSELA, Ladislav a Jiří TOMČALA. *Vodní hospodářství v energetice*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2000. ISBN 80-7078-752-X.
- [2] KUČEROVÁ, Radmila, Peter FEČKO a Barbora LYČKOVÁ. *Úprava a čištění vody*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2011. ISBN 978-80-248-2389-8.
- [3] HÜBNER, Pavel. *Úprava vody v energetice*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2010. ISBN 978-80-7080-746-0.
- [4] TUČEK, Ferdinand, Zdeněk KONÍČEK a Jan CHUDOBA. *Základní procesy a výpočty v technologii vody*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1977. *Ochrana životního prostředí*.
- [5] SUEZ WATER CZ, S.R.O. *Evropská vodní charta* [online], © 2013 – 2018. SUEZ Water CZ, s.r.o. [cit. 29.4. 2018]. Dostupné z: <http://www.ondeo.cz/cs/co-chcete-vedet-o-vode/o-vode-nejen-pro-skoly/evropska-vodni-charta>
- [6] VÝTISK, Tomáš, 2018. *Vodní hospodářství*, [online], Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava [cit. 29.4. 2018]. Dostupné z: <http://fs1.vsb.cz/361/vyuka/vyt/VH/>
- [7] JANALÍK, Radim, 2017. *Výroba elektrické energie v ČR a ve světě*, [online], Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava [cit. 29.4. 2018]. Dostupné z: <http://fs1.vsb.cz/361/vyuka/vez/>
- [8] ODBOR STÁTNÍ SPRÁVY VE VODNÍM HOSPODÁŘSTVÍ A SPRÁVY POVODÍ a MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2016*, [online], Ministerstvo zemědělství, © 2009-2018 [cit. 29.4. 2018]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/551552/Zprava_o_stavu_vodniho_hospodarstvi_2016_FINAL.pdf
- [9] ČEZ a.s., 2006. *Oznámení záměru: Odběr a odvodnění strusky z EMĚ III, II a ET*, [online], Informační systém EIA, © 2008–2018 Ministerstvo životního prostředí [cit. 29.4. 2018]. Dostupné z: https://portal.cenia.cz/eiasea/detail/EIA_MZP085
- [10] TALAVAŠEK, Josef, 2007. *Dokumentace o posuzování vlivů na životní prostředí: Odběr a odvodnění strusky z EMĚ III, II a ET*, [online], Informační systém EIA, © 2008–2018 Ministerstvo životního prostředí [cit. 29.4. 2018]. Dostupné z: https://portal.cenia.cz/eiasea/detail/EIA_MZP085

- [11] HOLEŠOVÁ Jitka a Jaroslav SVOBODA, 2011. *TZ PS1.04_11_08_15*, Technická zpráva, PS1.04 - Strojní odvodnění strusky, skladování, odběr a nakládka odvodněné strusky, čerpání nadbilanční vody
- [12] Zákon č. 254/2001 Sb. - *Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*.
- [13] Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. - *Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech*.
- [14] LINATEX s.r.o., 2014. *Hydrocyklony a separátory_CZ*, Prospekt
- [15] DEPOSITPHOTOS INC., USA., © 2009-2018, Dostupné z: <https://cz.depositphotos.com/11622285/stock-photo-earth-planet-featuring-north-america.html>
- [16] CAB minerals, s.r.o., Jeronýmova 23, 618 00 Brno
- [17] Vlastní zpracování

Seznam obrázků

- Obrázek 2.1.: Modrá planeta Země [15]
- Obrázek 2.2.: Grafické znázornění objemu vody na Zemi [6]
- Obrázek 3.1.: Situace širších vztahů – odkaliště „Panský les“ [17]
- Obrázek 4.3.: Ukázka průzračnosti vody vrácené zpět do technologie [16]
- Obrázek 5.1.: Bagrovací stanice [16]
- Obrázek 5.2.: Multicyklon [16]
- Obrázek 5.3.: Velký Cluster [16]
- Obrázek 5.4.: Sedimentační nádrž – přepad čisté vody [16]
- Obrázek 5.5.: Výnos odvodněné strusky z třídiče na pás [16]
- Obrázek 5.6.: Zásobník odvodněné strusky s doodvodňovacími svíčkami [16]
- Obrázek 5.7.: Schéma technologie [17]
- Obrázek 5.9.: Velín SOS EMĚ [16]
- Obrázek 5.10.: Odvodňovací třídič [17]
- Obrázek 5.11.: Hydrocyklon [14]
- Obrázek 6.1.: Dávkovací nádrž koagulantu v SOS EMĚ [16]
- Obrázek 6.2.: Dávkovací stanice flokulantu SOS EMĚ [16]
- Obrázek 6.3.: Sedimentační nádrž [17]

Seznam tabulek a grafů

Graf 2.1.: Odběry povrchových vod v ČR v letech 1980-2016 [8]

Tabulka 4.1.: Bilance vod v systému hydraulické dopravy strusky v mil. t/rok [9]

Tabulka 4.2.: Emisní standardy: přípustné hodnoty znečištění pro odpadní vody vypouštěné na odkaliště popele [13]

Tabulka 5.8.: Průtoky technologií [17]

Tabulka 7.1.: Statistické vyhodnocení spotřeby a potřeby vody na výrobu brutto 1 MWh [6]

Tabulka 5.12.: Průtoky vody nádrží provozní vody

Tabulka 5.13.: Výpočet poklesů hladin v čase

Graf 5.14.: Pokles hladiny v nádrži