

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA GEOENVIRONMENTÁLNÍCH VĚD



**Optimalizace nakládání s vodami ve výrobním  
procesu závodu Škoda auto Kvasiny**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Pavel Šimek, Ph.D.

Diplomant: Bc. Vladimír Pacina

2025

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Vladimír Pacina

Regionální environmentální správa

Název práce

**Optimalizace nakládání s vodami ve výrobním procesu závodu Škoda auto Kvasiny**

Název anglicky

**Optimization of water management in the production process at the Škoda auto Kvasiny**

---

### Cíle práce

Popis koloběhu vody v závodu Škoda auto Kvasiny.

Rozbor čištění průmyslových odpadních vod.

Návrh nových opatření pro zajištění průmyslové vody.

Dopady suchého odlučování na čištění a recyklaci odpadních vod.

### Metodika

Diplomová práce bude zaměřena na problematiku nakládání s průmyslovými vodami. V první části práce bude zpracován přehled problematiky a přehled používaných postupů a technologií. V druhé části práce bude popsán návrh nových opatření pro zajištění průmyslové vody v závodu a snížení jejího množství. Student zhodnotí navrhovaná opatření, jejich přínosy a omezení.

Student bude vycházet z odborné literatury, technických norem a technické dokumentace.

**Doporučený rozsah práce**

40

**Klíčová slova**

průmyslové vody, recyklace odpadních vod, suché odlučování

**Doporučené zdroje informací**DRINAN, Joanne.; SPELLMAN, Frank R. *Water and wastewater treatment : a guide for the nonengineering professional*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2013. ISBN 9781439854006.MALÝ J., MALÁ J. 2006: *Chemie a technologie vody*. 2. dopl. vyd. Brno, ARDECPITTER, Pavel. *Hydrochemie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-928-0.**Předběžný termín obhajoby**

2024/25 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Pavel Šimek, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra geoenvironmentálních věd

Elektronicky schváleno dne 10. 03. 2025

**prof. RNDr. Vladislav Chrastný, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 11. 03. 2025

**prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2025

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

*Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma:*

*Optimalizace nakládání s vodami ve výrobním procesu závodu Škoda auto Kvasiny vypracoval samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.*

*Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.*

*Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.*

*Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.*

*V Sezemicích dne 20.3.2025*

.....

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Pavel Šimek Ph.D. za odborné vedení, podnětné připomínky a cenné rady k mé práci a především čas, který mi věnoval. Také bych rád poděkoval kolegům z firmy Škoda auto a.s., kteří mi poskytli důležité informace a podklady.

## Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na jednotlivé projekty s hlavním cílem docílit úspory vody v technologickém postupu výroby vozů v závodě Škoda auto v Kvasinách.

Teoretická část práce je zaměřena na legislativu České republiky a Evropské unie, která se zabývá nakládáním s vodami. Dále je v rámci rešerše popsáno rozdělení využití průmyslových vod a způsoby čištění. Praktická část diplomové práce je rozdělena dvě části. V první části je podrobně představen závod Škoda Auto v Kvasinách. Jsou zde popsána specifika závodu, včetně jeho historie, výrobních kapacit a technologických postupů používaných při výrobě vozů. Detailně je rozebrán způsob využití průmyslové vody ve výrobním procesu, což zahrnuje její odběr, úpravu, použití a následné nakládání s ní po skončení výrobního cyklu.

Druhá část je věnována jednotlivým projektům zaměřeným na úsporu vody. Každý projekt je detailně popsán, včetně jeho cíle a průběhu realizace. Jsou zde nezávisle vyhodnoceny klady a zápory každého projektu, což zahrnuje například ekologické přínosy a ekonomickou efektivitu. Na závěr je provedeno ekonomické vyčíslení jednotlivých projektů, kde jsou porovnány náklady na realizaci a provoz projektu s očekávanými úsporami a výnosy, které projekt přinese.

Klíčová slova: průmyslová voda, suché odloučení, reverzní osmóza, koagulace, demi voda

## Abstract

The thesis focuses on individual projects with the main goal of achieving water savings in the technological process of car production at the Škoda Auto plant in Kvasiny.

The theoretical part of the thesis is focused on the legislation of the Czech Republic and the European Union regarding water management. Furthermore, within the research, the division of industrial water usage and the methods of its purification are described. The practical part of the thesis is divided into two sections. The first section provides a detailed introduction to the Škoda Auto plant in Kvasiny. It describes the specifics of the plant, including its history, production capacities, and technological processes used in car manufacturing. The method of industrial water usage in the production process is thoroughly examined, encompassing its extraction, treatment, use, and subsequent handling after the production cycle.

The second section is dedicated to individual projects aimed at water savings. Each project is described in detail, including its objectives and implementation process. The advantages and disadvantages of each project are independently evaluated, covering aspects such as ecological benefits and economic efficiency. Finally, an economic assessment of the individual projects is conducted, where the costs of implementation and operation are compared with the expected savings and revenues that the project will generate.

Key words: industrial water, dry separation, reverse osmosis, coagulation, demineralized water

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Cíle práce .....	2
3	Metodika .....	3
4	Rešerše .....	4
4.1	Legislativa .....	4
4.2	Průmyslové odpadní vody .....	6
4.3	Čištění průmyslových odpadních vod.....	8
4.3.1	Mechanické (primární) čištění.....	9
4.3.2	Biologické (sekundární) čištění .....	11
4.3.3	Terciální stupeň čištění.....	12
4.3.4	Koagulace a flokulace .....	12
4.4	Nakládání s kaly .....	13
4.5	Reverzní osmóza.....	15
5	Nakládání s vodou v závodu Škoda Kvasiny.....	16
5.1	Představení závodu Škoda Kvasiny .....	16
5.2	Zdroje vody v závodu Škoda Kvasiny .....	17
5.3	Úpravna vody .....	18
5.4	Chlazení v závodě.....	18
5.4.1	Chlazení pomocí chladících věží .....	19
5.4.2	Chlazení pomocí chillerových jednotek.....	20
5.5	Svařovna.....	22
5.6	Lakovna.....	23
5.6.1	Výrobní proces v Lakovně .....	23
5.7	Průmyslová voda v lakovně .....	27
5.7.1	Zajištění podmínek pro lakování v aplikačních boxech.....	27
5.7.2	System mokrého odloučení .....	28
5.7.3	System koagulace Na lakovně.....	29
5.7.4	Výroba demi vody.....	32
5.7.5	Neutralizační linka .....	33
5.8	Montáž.....	34

5.8.1	Průmyslová voda na montáži.....	36
5.9	Čistírna odpadních vod .....	36
6	Vlastní projekt.....	38
6.1	Důvod zadání.....	38
6.2	Systém suchého odlučování .....	39
6.2.1	Suché odlučování pomocí vápence.....	39
6.2.2	Suché odlučování pomocí kartonových krabic.....	40
6.2.3	Porovnání technologií pro odlučování .....	42
6.3	Nanofiltrace v lakovně .....	45
6.3.1	Vyhodnocení přínosu projektu.....	46
6.4	Suché chlazení .....	47
7	Závěr.....	49
8	Použitá literatura.....	50

# 1 Úvod

Voda je považována za jeden z nejdůležitějších přírodních zdrojů, který je nezbytný pro život na Zemi. Její role se však neomezuje pouze na podporu biologických procesů a udržování ekosystémů; voda hraje rovněž klíčovou roli v mnoha průmyslových odvětvích, včetně automobilového průmyslu. Automobilový průmysl je jedním z největších a nejkompexnějších průmyslových sektorů na světě, který zahrnuje výrobu, montáž, testování a údržbu vozidel. Voda je v tomto odvětví využívána v různých fázích výrobního procesu a její efektivní využívání a řízení jsou nezbytné pro zajištění udržitelnosti a efektivity výroby.

V první řadě je voda nezbytná pro proces chlazení. Automobilové továrny využívají velké množství vody k chlazení strojů a zařízení, která se během výrobního procesu výrazně zahřívají. Bez účinného chlazení by docházelo k přehřívání strojů, což by mohlo vést k jejich poškození a snížení produktivity.

Vodní zdroje jsou rovněž využívány při povrchové úpravě a lakování automobilů. Proces lakování vyžaduje použití vody pro přípravu povrchu, odstranění nečistot a aplikaci nástřikových hmot. To vše zaručuje vysokou kvalitu finálního produktu.

Vzhledem k rostoucímu tlaku na udržitelnost a ochranu životního prostředí se automobilový průmysl snaží minimalizovat spotřebu vody a zlepšit její recyklaci. Moderní technologie a inovace umožňují efektivnější využití vodních zdrojů, což přispívá k snižování ekologického dopadu výroby automobilů.

Tato diplomová práce je řešena jako projekt, který byl zadán v závodě Škoda auto Kvasiny na snížení spotřeby vody. V rámci toho byly vypracovány projekty, které za pomoci moderních technologií, mají přispět k úspoře třetiny spotřebované vody, napříč výrobou v tomto závodě.

## 2 Cíle práce

Cíle této diplomové práce jsou:

- Na základě rešerše dostupné literatury podat ucelené informace o současném stavu nakládání s průmyslovými a odpadními vodami a principu kalového hospodářství v souladu s platnou legislativou.
- Představení závodu Škoda auto Kvasiny, využívání průmyslové vody ve výrobním procesu automobilového závodu a její následné čištění.
- Na základě zadání vypracovat projekt a navrhnout řešení na snížení spotřeby ve výrobě, pomocí nasazení moderních technologií a inovací.
- Vyhodnocení dopadů jednotlivých projektů.

### 3 Metodika

Vzhledem k mé dlouholeté praxi ve firmě Škoda auto, byli požádáni kolegové v odborných útvarech, se kterými bylo spolupracováno na daných projektech, aby mi pomohli shromáždit zdroje informací ve zpracovávané problematice. Díky tomu, že jsem několik let pracoval na lakovně a na montáži, byly mi známy technologické postupy výroby. Ale i tak bylo nutné prostudovat interní normy, návody a předpisy. Dalším důležitým zdrojem informací byla Univerzitní knihovna, kde byly získány odborné publikace. Byly také navštíveny odborné internetové stránky zabývající se danou problematikou. V neposlední řadě byla oslovena firma Ško-energo, která pro firmu Škoda auto dodávala průmyslovou vodu, elektřinu a obsluhovala čističku odpadních vod.

V dalších krocích bylo potřeba oslovit firmu Dürr, která pro závod Škoda auto Kvasiny realizovala většinu automatizace a měla na starosti realizaci suchého odloučení pomocí vápence. Firma Dürr poskytla dostatek podkladů k danému tématu. Firma Eisenmann dodala nabídku na suché odloučení pomocí kartonových krabic. V rámci projektu nanofiltrace byli osloveni kolegové z procesních technologií Mladé Boleslavi, kde proběhla úspěšná zkouška a tyto poznatky byly zakomponovány do projektu. Dále bylo třeba oslovit kolegy ze svařovny ohledně projektu suchého chlazení.

Pro vyhodnocení ekonomických přínosů bylo kontaktováno oddělení controllingu. Zde jsem získal potřebná data pro vypracování tabulek (ceny energií atd.). Použité obrázky byly čerpány z interních materiálů firmy Škoda, popřípadě z prezentací dodavatelských firem (Dürr, Eisenmann). Zbylé obrázky byly pořizovány v rámci projektu v závodech Škoda a VW.

## 4 Rešerše

### 4.1 Legislativa

Česká republika je řazena mezi státy Evropské unie a v oblasti vodního hospodářství je usilováno o dosažení rovnováhy mezi různými způsoby využívání vodních zdrojů a ochranou vod a vodních ekosystémů, přičemž jsou zohledňována opatření ke zmírnění škodlivých účinků vod. Hlavní cíle a principy jsou obsaženy v Rámcové směrnici Evropské unie o vodní politice a v dalších směrnících týkajících se vodního hospodářství a v obnovené strategii EU pro udržitelný rozvoj. Základním právním aktem Evropského parlamentu a Rady, který stanovuje rámec pro činnost členských států EU v oblasti vodní politiky, je směrnice 2000/60/ES z 23. října 2000.

Další směrnice, které se vztahují k ochraně vodního hospodářství:

- Směrnice Rady 96/61/ES ze dne 24. září 1996 o integrované prevenci a řízení znečištění
- Směrnice Rady 91/676/EHS ze dne 12. prosince 1991 o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů
- Směrnice Rady 91/271/EHS ze dne 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod
- Směrnice Rady 80/68/EHS ze dne 17. prosince 1979 o ochraně podzemních vod před znečištěním určitými nebezpečnými látkami doplněná směrnicemi Rady 90/656/EHS a 91/692/EHS
- Směrnice Rady 78/659/EHS ze dne 18. července 1978 o jakosti povrchových vod vyžadujících ochranu nebo zlepšení pro podporu života ryb
- Směrnice Rady 76/464/EHS ze dne 4. května 1976 o znečištění způsobeném určitými nebezpečnými látkami vypouštěnými do vodního prostředí Společenství a návazné směrnice Rady
- Směrnice Rady 76/160/EHS ze dne 8. prosince 1975 o jakosti vody pro koupání
- Směrnice Rady 75/440/EHS ze dne 16. června 1975 o požadované jakosti povrchových vod určených k odběru pitné vody v členských státech

Klíčovým právním předpisem pro přípravu, realizaci a provoz vodovodních a kanalizačních sítí je zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), který byl novelizován zákonem č. 182/2024 Sb., platným od 1.

července 2024. Další specifikace tohoto zákona jsou obsaženy v podzákonných předpisech (nařízení vlády, vyhlášky).

Dalším klíčovým právním dokumentem, který se zabývá emisními normami pro odpadní vody z komunálních i průmyslových zdrojů, je nařízení vlády č. 401/2015 Sb. – Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, podmínkách povolení k vypouštění odpadních vod do povrchových vod a do kanalizací a o vymezení citlivých oblastí.

Ochrana množství a kvality povrchových a podzemních vod, prevence povodní, plánování vodního hospodářství na národní i mezinárodní úrovni a mezinárodní spolupráce v této oblasti jsou zajišťovány Ministerstvem životního prostředí, konkrétně odborem ochrany vod. Ekonomické, finanční a administrativní nástroje pro ochranu vod jsou také zaváděny tímto odborem, který rovněž vytváří legislativní podklady (Rudolf, 2005).

Jedním z aspektů týkajících se odpadních vod je nakládání s kaly z čistíren odpadních vod (ČOV). Nařízení vlády č. 197/2003 Sb. stanoví dvě možnosti nakládání s těmito kaly:

- Na základě analýzy je zpracován Realizační program České republiky pro kaly z čistíren odpadních vod, který řeší úpravu kalů, jejich hygienizaci, využití na zemědělské půdě a jiné způsoby jejich využití.
- Energetické využití bioplynu z čistíren odpadních vod je podporováno.

Tyto body jsou součástí plánu odpadového hospodářství České republiky a mají za cíl podporovat materiálové využití odpadů a snižovat jejich negativní dopady na životní prostředí (MŽP, 2024).

Vzhledem k povaze mé diplomové práce – projekt – je v této kapitole uveden přehled zákonů, vyhlášek, nařízení vlády a norem, které se týkají právních úprav v oblasti nakládání s odpadními vodami:

- Nařízení vlády č. 416/2010 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních
- Nařízení vlády č. 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod
- Vyhláška č. 450/2005 Sb., o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu

- Vyhláška č. 110/2005 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových
- Vyhláška č. 125/2004 Sb., kterou se stanoví vzor poplatkového hlášení vzor poplatkového přiznání
- Vyhláška č. 293/2002 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových
- Metodický pokyn - 10465/2003/6000 - Metodický pokyn k postupu při zpracovávání, projednávání a schvalování odvětvových technických norem vodního hospodářství

Normy ve vodním hospodářství související s diplomovou prací:

- 7500 - Vodní hospodářství. Základní normy
- 7501 - Vodní hospodářství. Názvosloví
- 7509 - Vodní hospodářství. Provoz vodohospodářských děl
- 7533 - Ochrana vod při manipulaci se závadnými látkami a jejich skladování
- 7555 - Trubní materiály
- 7560 - Kanalizace. Všeobecné normy
- 7561 - Kanalizace. Stokové sítě
- 7562 - Kanalizace. Objekty na stokových sítích
- 7563 - Kanalizace. Trubní materiály
- 7564 - Kanalizace. Čištění odpadních vod
- 7579 - Jakost vod. Rozbor kalů
- TNV 756911 - Provozní řád kanalizace.
- TNV 756910 - Zkoušky kanalizačních objektů a zařízení.
- TNV 756925 - Obsluha a údržba stoky.

## 4.2 Průmyslové odpadní vody

Průmysl je jedním z největších spotřebitelů vody. Voda se používá ve všech průmyslových odvětvích, a to od zemědělství, textilní průmysl, těžký průmysl, tak po samotnou těžbu nerostných surovin či pro jejich úpravu. Voda v průmyslu plní několik funkcí, a to pro potřeby zaměstnanců, pro výrobní proces, k chlazení, jako topné médium v kapalném nebo plynném stavu, pro transportní účely a další. Podle toho, jakou roli bude voda v průmyslu plnit, tak podle toho bude vypadat její kontaminace v podobě odpadních vod (Pitter, 2009).

Průmyslové odpadní vody vznikají kontaminací organickými a anorganickými látkami při průmyslové výrobě. Na rozdíl od ostatních odpadních vod, mají rozmanitý charakter a složení. Znečištění těchto vod je tak dost různorodé. Záleží jak na druhu průmyslu, tak na technologii zpracování. Každé průmyslové odvětví má charakteristické složení odpadních vod. Způsobů, jak dělit tyto odpadní vody je několik (Pitter, 2009).

Průmyslové odpadní vody lze dělit podle kvality na

- Vody škodlivé jsou silně znečištěné vody, které je nutné likvidovat samostatně, nebo je vhodným způsobem předčistit, aby mohli být napojeny na ostatní odpadní vody.
- Vody znečištěné biologicky rozložitelnými organickými látkami. Jsou nazývány hnilobnými odpadními vodami, je potřeba je čistit ve společné biologické čistírně. Vykazují hodnoty BSK<sub>5</sub> a CHSK převyšující 50 až 100 mg.l<sup>-1</sup>.
- Vody znečištěné anorganickými případně organickými látkami neboli nehnídnými odpadními vodami. Je třeba využít chemického čištění, jelikož jsou tyto odpadní vody odolné vůči biologickému čištění.
- Vody relativně neškodné (Martoň a kol., 1984).

Většina průmyslových závodů se neustále snaží zlepšovat a inovovat výrobní proces. Tím může dojít ke snížení množství odpadních vod anebo snížení znečištění. Průmyslové odpadní vody jsou veškeré znečištěné vody z celého závodu. I proto má mnoho průmyslových objektů velmi složitý systém kanalizace. A to tak aby se vzájemně tyto vody nekontaminovali, jelikož některé se musí separátně předčistit, dle charakteru znečištění. Naopak některé se mohou buď opakovaně využít, nebo mohou nalézt jiné využití v další části výroby. Podle toho, jak se voda používá a kde vzniká se dělí.

- Splaškové vody – Při vstupu musí kvalitou odpovídat pitné vodě, která je následně znečištěna zaměstnanci a využívána pro běžný provoz, jako jsou sociální zařízení, umývárny a závodní stravování.
- Technologické vody – Požadavky na kvalitu vstupní vody jsou přizpůsobovány konkrétnímu účelu využití. Znečištění je ovlivňováno technologií dané výroby a jedná se o nejvíce znečišťovanou skupinu odpadních vod.
- Srážkové vody – Jedná se o vody z atmosférických srážek, které jsou zachyceny na povrchu areálu a mohou být znečištěny anorganickými i organickými látkami, což závisí na znečištění areálu.

- Chladicí vody – Tyto vody mohou být použity opakovaně. Jejich znečištění není považováno za příliš vysoké (Hyánek a kol., 1991).

Průmyslové odpadní vody obsahují různé směsi látek a jsou charakterizovány převažující skupinou látek.

#### **Látky převážně organicky znečištěné:**

- netoxické a biologicky rozložitelné látky – sacharidy, bílkoviny, tuky, alifatické kyseliny a jejich deriváty
- netoxické a biologicky obtížně rozložitelné – alifatické a aromatické sloučeniny s rozvětveným alkylem, vysokomolekulární polyglykoly, některá organická barviva
- toxické a biologicky rozložitelné látky – fenoly, organofosforové sloučeniny, chlorfenoly, nitrofenoly
- toxické a biologicky obtížně rozložitelné látky-chlorované uhlovodíky, nitroaniliny apod.

#### **Látky převážně anorganicky znečištěné můžeme rozdělit:**

- anorganické nerozpuštěné látky – odpadní vody z praní uhlí, z keramického a sklářského průmyslu apod.
- anorganické rozpuštěné látky netoxické – výroba hnojiv, moření železa apod.
- anorganické rozpuštěné látky toxické – povrchová úprava kovů, radioaktivní vody apod (Fuka, Kristofory,2005).

### **4.3 Čištění průmyslových odpadních vod**

Základní postup čištění průmyslových odpadních vod se nijak neliší od čištění městských odpadních vod. Ke speciálnímu způsobu čištění dochází tehdy, jeli voda speciálně kontaminována látkami s fyzikálně, chemicky, toxicky, nebo jiným vlastnostmi. Pro čištění vod se používá mnoho způsobů. Jejich počet, druh a seřazení, nebo použitá technologie je volena tak, abychom docílili požadované jakosti vody. Procesy čištění odpadních vod dělíme do tří skupin.

Fyzikální a fyzikálněchemické procesy mezi které patří sedimentace, filtrace, flotace, absorpce, číření, iontová výměna a membránové procesy, radiačně-chemické procesy, odplynění a destilace. Mezi chemické procesy patří neutralizace, srážení, oxidace, redukce a spalování. Biologické procesy se obecně dělí na aerobní a anaerobní (Macháňová a kol., 2008).

Základním principem čištění je přívod znečištěné vody na čistírnu pomocí stokové sítě, kterou lze rozdělit podle způsobu dopravy:

- Gravitační doprava: Voda se samospádem dopravuje na ČOV v územích s příznivým terénem.
- Podtlaková doprava: Pomocí sacích ventilů a vakuové stanice se voda dopravuje na ČOV buď gravitačně, nebo přečerpáváním.
- Tlaková doprava: Čerpadla vytvářejí tlak a akumulací jímky přepouštějí vodu na ČOV (Dohányos a kol., 1998).

#### 4.3.1 Mechanické (primární) čištění

Mechanické čištění odpadních vod je prováděno za účelem separace znečišťujících látek, které by mohly poškodit další zařízení čistírny odpadních vod (ČOV). Tento proces je rozdělen do dvou stupňů. V prvním stupni je hrubší materiál oddělován pomocí česlí a lapáků písku, zatímco ve druhém stupni dochází k sedimentaci jemnějších usaditelných látek v usazovacích nádržích (Sojka, 2004).

**Odlehčovací komory** jsou využívány k regulaci průtoku odpadní vody. Tyto nádrže, obvykle obdélníkového tvaru, jsou vybaveny pneumatickými nebo mechanickými míchadly, případně je míchání zajišťováno průtokem. Konstantní odtok je řízen plovákovým uzávěrem (Urcikán, Imřiška, 1986).

**Česle** jsou používány k hrubému a jemnému cezení vody, přičemž jsou odstraňovány hrubé plovoucí nečistoty. Konstrukce a velikosti průlin se liší, přičemž jemné česle mají průliny 10–20 mm a hrubé 5 - 20 cm. Jsou stírány buď ručně, nebo strojně, a tvoří je vertikální nebo nakloněné ocelové tyče. Zachycené nečistoty, nazývané shrabky, obsahují mnoho organických látek rostlinného i živočišného původu, z nichž některé jsou odolné vůči bakteriálnímu rozkladu. Shrabky, které obsahují přibližně 80 % vody, jsou nejprve odvodňovány a tříděny. Odvodnění je prováděno lisováním v pístových lisech, do nichž jsou shrabky dopravovány pásovým dopravníkem. Organické hmoty jsou likvidovány vyhnitím nebo kompostováním, zatímco ostatní látky jsou likvidovány spolu s komunálním odpadem nebo spalováním, přičemž je nutné dodržovat emisní normy. Místo jemných česlí mohou být používána pohyblivá síta, jako jsou bubnová nebo pásová síta (Dohányos a kol., 1998, Hlavínek, Hlaváček, 1996).

**Lapák písku** – Vertikální lapák písku je používán ke gravitačnímu zachycení a odstranění písku z přitékající vody pomocí sedimentace. Pevné částice jsou oddělovány podle velikosti, tvaru a hustoty. Písek a minerální částice větší než 0,2 mm jsou zachycovány. Lapáky písku jsou rozdělovány na ruční a strojní podle způsobu odstranění. Podle směru průtoku jsou rozlišovány horizontální (komorové, šterbinové)

a vertikální lapáky, přičemž vertikální jsou používány především u velkých čistíren (Dohányos a kol., 1998, Hlavínek, Hlaváček, 1996).

**Lapák tuků a olejů** je používán k ochraně čistíren odpadních vod před zanášením tuky a snížením jejich účinnosti. Umisťuje se přímo u zdroje znečištění, aby se zabránilo vnikání tuků do stokové sítě. Nádrže s nornou stěnou zpomalují průtok vody, uklidňují hladinu a lehčí částice jsou vyplavovány na povrch. Norná stěna brání úniku těchto látek s vyčištěnou vodou. Tuky a oleje na hladině jsou odstraňovány ručně nebo strojně. Lapáky tuků a olejů pracují na principu flotace (Hlavínek, 2006, Sobota, 2006).

**Flotace** je proces, při kterém jsou částice oddělovány z kapaliny a dostávají se na hladinu. Tento proces je prováděn probubláváním vody vzduchem a přidáním flotačních činidel, což způsobuje, že částice jsou spojeny s mikrobublinami plynu a stoupají na hladinu. Existují různé druhy flotace: volná, tlaková, vakuová, biologická, chemická a elektroflotace, liší se způsobem vzniku mikrobublin (Mejía a kol., 2021).

Posledním zařízením pro primární mechanické čištění je **usazovací nádrž**, kde je prováděna primární sedimentace. V této nádrži jsou usazovány nerozpuštěné látky a plovoucí nečistoty, které jsou stírány z povrchu. Cílem je, aby byla snížena koncentrace nerozpuštěných látek na odtoku. Vzniká zde primární kal, který je dále zpracováván. Vtokové a odtokové objekty, včetně norných stěn, mají klíčovou roli v tom, že snižují rychlost přítoku a rovnoměrně rozdělují průtok. Usazený kal je odstraňován čerpáním nebo gravitačně (Hlavínek a kol., 2003). Sedimentační nádrže se dělí podle směru průtoku:

Horizontální nádrže jsou využívány jak pro primární, tak pro sekundární čištění. Poměr délky k šířce bývá minimálně 3:1, zatímco poměr šířky k hloubce se pohybuje od 1:1 do 2,25:1. Zařízení pro odstraňování kalu a plovoucích materiálů jsou vyráběna v různých konstrukčních provedeních.

- Radiální nádrže s kruhovým půdorysem jsou charakterizovány plochým dnem. Odpadní voda je přiváděna přes zklidňující válec a následně je radiálně rozlévána přes usazovací prostor směrem k přepadovému žlabu. Kal je shrabován otočným shrabovačem do kalové jámy nacházející se ve středu nádrže.
- Vertikální nádrže jsou vhodné pro menší čistírny odpadních vod, protože zařízení na shrabování kalu není vyžadováno. Voda je po sedimentaci vedena přepadovým žlabem. Stěny kalové nádrže musí mít sklon minimálně 1,25:1, aby byl kal posouván k odběrnému potrubí (Martoň a kol., 1984).

#### 4.3.2 **Biologické (sekundární) čištění**

Biologické čištění odpadních vod je založeno na využití mikroorganismů, především bakterií, které tvoří biomasu. Na povrch této biomasy jsou adsorbovány jemně suspendované a koloidní látky z odpadní vody. Organické látky, jak nerozpuštěné, tak rozpuštěné, jsou rozkládány mikroorganismy. Energie je získávána bakteriemi z rozkladných procesů za pomoci extracelulárních a intracelulárních enzymů a je využívána k tvorbě jejich buněčné hmoty. Procesy jsou rozlišovány na aerobní, probíhající za přítomnosti kyslíku, a anaerobní, probíhající bez přítomnosti kyslíku.

##### **Aerobní čištění**

Při čištění odpadních vod jsou nejčastěji využívány aerobní biologické procesy. Ty se zakládají na odstraňování organických látek, ať už v rozpuštěné nebo koloidní formě, pomocí směsné kultury mikroorganismů za přítomnosti kyslíku. Anaerobní procesy mohou také probíhat, ale nejsou dominantní. Významnou roli při aerobním čištění odpadních vod hrají také fyzikální a fyzikálně-chemické procesy, jako je například koagulace nebo adsorpce (Jiang, 2015).

Při aerobním biologickém čištění je zajištěn kontakt odpadních vod s mikroorganismy při dostatečném přísunu kyslíku. Mikroorganismy rozkládají organické látky, přičemž dochází k uvolnění energie a syntéze nové biomasy. Organické látky pronikají do buněk, kde probíhají klíčové biochemické procesy. Část organických látek je oxidována na  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ , což vede k uvolnění energie, zatímco zbytek se přeměňuje na zásobní látky a nové buňky.

Klíčovým procesem této fáze je nitrifikace. Při ní je amoniakální dusík biochemicky přeměňován na dusitany a dusičnany pomocí nitrifikačních bakterií, které využívají oxid uhličitý jako zdroj uhlíku. Část energie uvolněné během nitrifikace je spotřebována na tvorbu nové biomasy (Chmielewska, 2004, VŠB TU Ostrava, 2010).

##### **Anaerobní pochody**

Anaerobní procesy jsou biochemické reakce, při kterých jsou organické látky rozkládány bez přítomnosti vzduchu díky činnosti anaerobních mikroorganismů (tyto procesy jsou používány například pro čištění odpadních vod a stabilizaci kalu). Hlavním krokem v těchto procesech je denitrifikace, která by měla následovat po nitrifikaci, aby byly odstraněny konečné produkty dusičnanů. Během denitrifikace jsou dusičnany biochemicky redukovány na oxidy dusíku a elementární dusík, který je následně uvolňován do atmosféry (Dohányos a kol., 1998, Hassan a kol., 2013).

### 4.3.3 Terciální stupeň čištění

Terciární čištění je používáno tam, kde se běžnými biologickými postupy nedosahuje potřebného výsledku, zejména v důležitých vodohospodářských nebo chráněných oblastech. Tento proces zahrnuje kombinaci chemického a mechanicko-biologického čištění, kdy je do odtoku z biologického stupně přidáváno srážecí činidlo, a dochází k následnému srážení. Následné srážení je používáno jako dočasné řešení při havárii biologické eliminace fosforu nebo na nových čistírnách v exponovaných lokalitách. Výhodou je, že se dosahuje vysoké účinnosti a chemický kal je oddělen od kalu aktivovaného, nevýhodou jsou však vyšší investiční náklady (Post, 2005, VŠB TU Ostrava, 2010).

### 4.3.4 Koagulace a flokulace

V rámci předčištění odpadních průmyslových vod je využíván proces koagulace. Ta je používána k vyseparování rozpuštěných a suspendovaných/dispergovaných částic z průmyslových odpadních vod. Mezi hlavní výhody koagulace patří její účinnost, jednoduchost a energetická nenáročnost (Rathilal a kol., 2021, Synthomer, 2008).

Koagulace je chemický proces. Tento proces čištění spočívá ve spojování koloidních a makromolekulárních organických částic do větších skupin, aby se staly oddělitelnými. K tomu jsou používány koagulanty. Jedná se o chemické látky, které jsou nejčastěji na bázi železa a hliníku, jako například  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  nebo polyaluminium chlorid. V některých případech jsou využívány koagulanty na přírodní bázi, jako například feromagnetit, hlinitá sůl atd. Tyto látky nejsou zdraví škodlivé a neprodukují upravenou vodu s vysokým pH (Vurm, Bystrianský, 2013, Lee a kol., 2014, Jiang, 2015).

Flokulace, na rozdíl od koagulace, je fyzikální proces, který je využíván při čištění odpadních vod jako podpora pro interakci částic a napomáhá při vytváření agregátů, které mohou být účinně odstraněny v následném separačním procesu, jako je sedimentace, flotace nebo filtrace. Aby mohly tyto procesy proběhnout, musí jim předcházet destabilizace suspenze nebo emulze prostřednictvím koagulace. Během flokulace jsou tvořeny vločky. K tomu dochází při neustálém míchání objemu a musí být zajištěn dostatečný čas na jejich zrání (Tuček a kol., 1988, Prakash a kol., 2014, Kyzas, 2018).

Při vločkování dochází k tvorbě větších shluků vyseparovaných částic. Pro podporu spojování a růstu vloček jsou přidávány flokulanty. Flokulanty (pomocné koagulanty) jsou rozdělovány na kationaktivní, anionaktivní a neionogenní a jsou aplikovány na závěr flokulace (Radoiu a kol., 2004, Bolto, Gregory, 2007).

#### 4.4 Nakládání s kaly

Kal je neoddělitelnou součástí procesu čištění odpadních vod a je výsledkem tohoto procesu. Základní charakteristikou kalu je jeho vysoký obsah vody, který určuje jeho objem. Kal je heterogenní směs, která obsahuje kapalně disperzní prostředí s rozptýlenými pevnými částicemi různých velikostí. Sušina kalu je stanovena jeho odpařením při teplotě 105°C. Při nakládání s kaly, ať už jde o jejich dopravu, využití v zemědělství, skládkování nebo spalování, je nezbytné, aby byly dodržovány platné legislativní normy. Technologická linka a zařízení pro likvidaci kalu tvoří tzv. kalové hospodářství, které je klíčové pro správné fungování čistíren odpadních vod.

Technologie používané při zpracování kalu jsou zaměřeny na snížení jeho objemu, eliminaci zápachu a vytvoření možností pro jeho další využití. Mezi hlavní metody zpracování kalu patří:

##### **Zhušťování kalu**

Zahušťování je považováno za nezbytný krok před stabilizací kalu, při kterém je obsah vody snížen na 85–95 %, což vede k výrazné redukci objemu. V praxi jsou pro zahušťování surového kalu používány následující metody:

- sedimentace – gravitační zahušťovací nádrže
- flotace
- dekantální odstředivka
- zahušťovací síta a speciální zařízení různé konstrukce

Cílem odvodnění je dosáhnout snížení obsahu vody v čistírenském kalu až na 60 % (Králíková a kol., 2007).

##### **Stabilizace kalu**

Při stabilizaci kalu je obsah organických látek (bakterie, viry, prvoci, červi atd.) snižován do takové míry, aby kal již nepodléhal biologickým procesům. Proces je prováděn buď za přítomnosti vzduchu (aerobní stabilizace), nebo bez přístupu vzduchu (anaerobní stabilizace). Stabilizovaný kal je charakterizován tím, že je hygienicky nezávadný, bez zápachu a je snadno odvodnitelný.

- Aerobní stabilizace – proces probíhá v aktivačních nebo samostatných nádržích, kde je organický materiál z kalu biologicky rozkládán pomocí mikroorganismů.
- Anaerobní stabilizace – známá také jako metanizace nebo vyhnívání, je charakterizována uvolňováním bioplynu a kalové vody. Reakce je

prováděna v plynotěsných vyhřívacích nádržích. Podle teploty, při které je anaerobní stabilizace prováděna, je dělena na psychrofilní (6°C–16°C), mezofilní (27°C - 33°C) a termofilní (do 55°C) (Dohányos a kol., 1998, Hlavínek, Hlaváček, 1996).

### **Hygienizace kalu**

Snaha o odstranění nebo zlepšení hygienicko-zdravotních vlastností kalu je zaměřena na to, aby při jeho využívání nedošlo k možné kontaminaci životního prostředí mikroorganismy, bakteriemi a viry. Hygienizace je prováděna pomocí procesů jako pasterizace, aerobní-termofilní stabilizace, chemické dávkování vápna, gama záření atd. Díky těmto procesům jsou eliminovány přítomné mikroorganismy. Teplota 850 °C po dobu 2 sekund je využívána k eliminaci zdravotních rizik. Použití dané metody závisí na dalším využití kalu (Králíková a kol., 2007, Hlavínek, 2006).

### **Odvodnění a vysoušení kalu**

Při těchto procesech je obsah vody v kalu snižován. Metody odvodňování kalu jsou rozděleny na přirozené metody (kalová pole a kalové laguny) a umělé metody (vakuové a tlakové filtry, kalolisy, pásové lisy, odstředivky a vibrační síta atd.).

Při procesu vysoušení kalu jsou používány sušárny (pásové, etážové, proudové, bubnové atd.) a může být využíván i proces spalování. Cílem je dosažení vodnatosti kalu pod 50 % (Králíková a kol., 2007, Hlavínek, 2006).

### **Využití nebo likvidace kalu**

Poté, co je kal upraven všemi procesy, je potřeba ho nějakým způsobem zlikvidovat. Likvidace je prováděna spalováním, skládkováním a kompostováním. Pokud se jedná o kal s vysokým obsahem organických látek a bez přítomnosti toxických látek, které by mohly kontaminovat životní prostředí, může být kal využit jako hnojivo nebo zpracován na průmyslových kompostárnách. Využití v zemědělství je dnes preferovaným způsobem nakládání s kaly (Vítková, 2024).

Spalování je proces využívaný pro kaly s vysokým podílem organických látek. Z technologického, technického i ekonomického hlediska je považováno za nejsložitější. Hlavním cílem spalování kalů je snížení objemu, zneškodnění mikroorganismů a organických látek. U kalů, které jsou v kapalném stavu, může být využito mokré spalování, zplyňování nebo pyrolýza (Mitziya a kol., 2024).

Poslední způsob likvidace kalu je skládkování. V tomto případě je potřeba, aby byl kal stabilizován a důkladně odvodněn. Skládkování kalu se doporučuje společně s komunálním odpadem. V ojedinělých případech, jako jsou minerální kaly, mohou být

využity jako zásypaný materiál. (Králíková a kol., 2007, Sobota, 2006, Fytili a kol, 2008).

#### **4.5 Reverzní osmóza**

Reverzní osmóza se používá v závodě pro zlepšení kvality vody před vstupem do výrobního procesu. Reverzní osmóza je řazena mezi membránové separační metody. Mezi výhody membránových metod patří nižší energetická náročnost a absence velkých změn tepla či prostředí, které by působily na separované látky. Tyto procesy probíhají zjednodušeně tak, že médium (směs látek) je na začátku hnáno a pomocí membrány rozděleno na dvě složky. Jednou složkou je retentát, což jsou látky, které neprošly membránou (látky obsažené ve vodě), a druhou složkou je permeát, který membránou prošel (demineralizovaná voda)( Eykamp, 1995, Clayton., 2015,).

Reverzní osmóza je charakterizována jako tlakový membránový proces. Tlak je využíván jako hnací síla, která vede vodu na membránu, přičemž membrána zachycuje rozpuštěné látky. Membrána je tvořena kompozitními materiály, které jsou uspořádány ve vrstvách. Tento proces je široce využíván v různých průmyslových odvětvích, včetně výroby pitné vody a čištění odpadních vod. (Jelínek, 2008, Bhuta, 2014, Clayton, 2015).

Membránové technologie, jako je reverzní osmóza, poskytují řadu výhod oproti tradičním metodám separace. Díky jejich schopnosti pracovat při nižších teplotách a s nižší energetickou náročností jsou tyto metody efektivnější a šetrnější k životnímu prostředí. Navíc, díky jemnému procesu separace, nedochází k degradaci citlivých látek, což je klíčové například v potravinářském a farmaceutickém průmyslu (Jelínek, 2008, Clayton, 2015).

## 5 Nakládání s vodou v závodu Škoda Kvasiny

### 5.1 Představení závodu Škoda Kvasiny

Závod Škoda Kvasiny se nachází v malém městě Kvasiny, které se nachází v severovýchodní části České republiky. Jeho historie sahá až do roku 1934, kdy byla tato automobilka založena jako součást koncernu Laurin & Klement, který později přešel pod značku škoda. V průběhu let se závod postupně vyvíjel a modernizoval, to i přes několik politických a ekonomických změn, které postihli tehdejší Československo.

Během druhé světové války byl závod uzavřen a po válce v období komunistického režimu, byl závod škoda auto Kvasiny znárodněn a začleněn do rozsáhlého socialistického průmyslového komplexu. Během této éry byla automobilka důležitým výrobním centrem. V roce 1952 byl závod Kvasiny modernizován a rozšířen, aby mohl vyrábět nové modely automobilů. V té době se zde vyráběly modely Škoda 1200 a Škoda 1201, které se staly velmi populárními v celé Evropě. V roce 1964 byl závod Kvasiny přejmenován na Automobilové závody Kvasiny a v té době se zde vyráběly modely Škoda 1000 MB a Škoda 1100 MB.

Během 70. let se závod Kvasiny specializoval na výrobu nákladních vozidel a autobusů. V roce 1982 byla výroba osobních automobilů zastavena a závod se zaměřil na výrobu nákladních vozidel a autobusů.

Po pádu komunismu se závod Kvasiny dostal do finančních potíží. V roce 1991 Škoda auto vstoupila do skupiny Volkswagen, což se stalo zásadním mezníkem v historii Závodu. Tento krok přinesl nové technologie investice a know-how, což umožnilo závodu expandovat a zvýšit svoji výrobní kapacitu.

V následujících letech proběhla v závodě masivní modernizace výrobních linek a infrastruktury. Postupně docházelo k nasazení nejmodernějších technologií a procesů, což umožnilo zvýšit efektivitu výroby a rozšíření produkčního portfolia, především o nové modely automobilů značky škoda, které si získali oblibu jak na domácím, tak i mezinárodním trhu. Díky tomu v roce 1995 závod začal vyrábět modely Škoda Felicia a Škoda Octavia a v roce 2008 byla zahájena výroba nového modelu Škoda Superb, který se stal velmi úspěšným a zvýšil prodeje závodu Kvasiny.

S postupem času se stal Závod Škoda Kvasiny centrem inovace v oblasti automobilového průmyslu. Pracuje se zde nejen na vývoji nových modelů, ale i na implementaci ekologicky šetrných technologií a procesů s cílem snížit ekologický otisk výroby.

Závod Škoda Kvasiny se v dnešní době rozkládá na ploše více než 2,5 milionu metrů čtverečních a zaměstnává více než 8000 lidí, což z něj činí jak jeden z nejvýznamnějších závodů v Evropě, tak i v síti výrobních závodů skupiny Volkswagen. V současné době se zde vyrábí více než 300 000 automobilů za rok, a to především modely Škoda Karoq, Škoda Kodiaq, Seat Ateca a Škoda Octavie.

Významným směrem, kterým se Závod Škoda Kvasiny ubírá, je rozvoj elektromobility a digitalizace. S moderními technologiemi, kvalifikovanou pracovní silou a strategickým směřováním k udržitelnosti a inovaci má tento závod silný základ pro úspěšnou budoucnost (Holoubek a kol., 2004).

## 5.2 Zdroje vody v závodu Škoda Kvasiny

Závod Škoda Kvasiny je tvořen třemi hlavními výrobními halami a několika administrativními budovami (centrum kvality, školící centra, poliklinika atd.). Výrobní haly jsou svařovna s logistickým skladem, lakovna a montáž s logistickými sklady. V areálu se dále nachází úpravná vody a čistírna odpadních vod, které jsou spravovány dceřinou společností Ško-energo.

Voda z nedalekého potoka Bělá je upravována firmou Ško-energo na průmyslovou vodu pro závod Škoda Kvasiny. V období sucha, kdy je omezeno odebírání vody z potoka, byly vybudovány vrty pro odebírání podzemní vody. V areálu se momentálně nachází šest vrtů a další dva jsou v plánu. Ročně je firmou Ško-energo takto upraveno okolo 0,3 milionu kubických metrů vody pro výrobu vozů v tomto závodě.

Tak jak je úprava vody zajišťována firmou Ško-energo, je zároveň zodpovídáno za čištění průmyslových odpadních vod. K tomu je využívána čistírna odpadních vod, která se skládá ze dvou mechanických čističek a biologické čističky odpadních vod. Původní stará mechanická čistírna sloužila pro starý závod, který tvořil část dnešní svařovny. V tomto takzvaném starém závodě nebyla oddělena kanalizace, tudíž všechny vody byly míseny v jednom potrubí a putovaly na starou mechanickou čističku. Ta dnes slouží jako sekundární a vyrovnávací. Jak se závod a výroba rozrůstaly, bylo potřeba vyčistit větší množství odpadních vod. Proto byla postavena nová mechanická čistírna. V novějších částech závodu byla vybudována komplexnější odpadní síť, která odděluje dešťovou vodu od odpadních vod. Dešťová voda je kanalizací svedena přímo do potoka Bělá. Odpadní voda ze sociálních zařízení je oddělena od průmyslové odpadní vody. Většina průmyslových vod, takzvaně technologických, je udržována v uzavřených okruzích a před vypuštěním do čističky odpadních vod je vždy předčištěna předepsanou technologií.

### 5.3 Úpravna vody

Jak již bylo zmíněno, úprava vody byla zřízena pro firmu Škoda Auto Kvasiny firmou Ško-energo. Povrchová voda byla do úpravně čerpána z potoka Bělá a byla doplněna podzemní vodou z šesti vrtů. Firma Ško-energo vyrobila závod v Kvasinách za rok 2024 okolo 290 tisíc m<sup>3</sup> průmyslové vody, a to přednostně byla využita voda povrchová. Denní spotřeba průmyslové vody se v průměru pohybovala okolo 750 m<sup>3</sup>. Výkon úpravně byl 72 m<sup>3</sup> za hodinu.

Při úpravě vody bylo třeba rozlišit, zda se jedná o vody povrchové, nebo podzemní. Každá měla svoji specifickou technologii. Z pravidla proces začínal mechanickou předúpravou. Zde byly zachyceny hrubé nečistoty, obsažené především v povrchových vodách, pomocí několika sít, od hrubého po jemné. Následovalo čiření a filtrace pomocí jemného písku (Cheremisinoff, 2002).

Dále byly využívány metody vločkování a odkalování. Pomocí chemického přípravku koagulatoru se utvářely vločky, které se usazovaly na dně. Tato metoda byla používána jak při úpravě vody povrchové, tak i podzemní. Postup se lišil ve složení koagulačního přípravku a v jeho dávkování (Dayarantne a kol., 2021).

Další využívaná metoda pro úpravu vody, která je využívána, je reverzní osmóza. Ta je jednou z metod, které se řadí mezi membránové procesy.

Na závěr je třeba upravit pH vody a především její tvrdost. Pomocí změkčovacích chemických prostředků byla voda upravena na požadovanou tvrdost 3°N. Takto upravená voda je skladována ve vodojemech. Z toho důvodu byly v závodě umístěny čtyři vodojemy na průmyslovou vodu o celkové kapacitě 1600 m<sup>3</sup>.

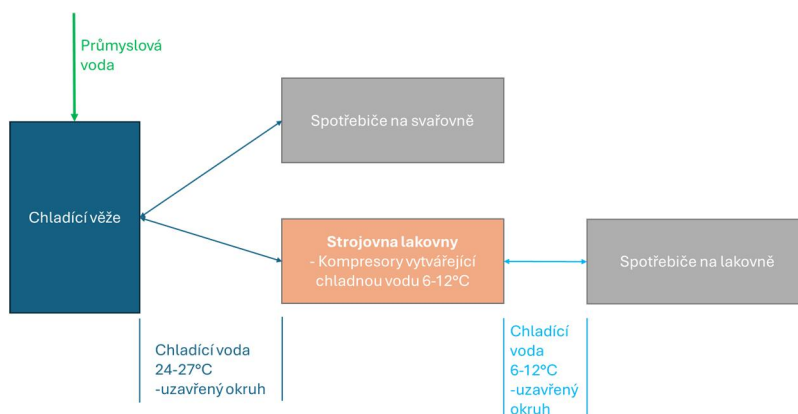
### 5.4 Chlazení v závodě

V celém závodě v Kvasinách je výroba ve výrobních budovách Svařovna a Lakovna chlazena pomocí upravené vody. Spotřeba chladicí vody se v posledních sezónách stává kritickým parametrem výroby chladu pro lakovnu a svařovnu, protože pro spotřebu chladu je vysoká spotřeba průmyslové vody.

Používaná chladicí voda na lakovně a svařovně je rozdělena do dvou teplotních úrovní:

- první úroveň je chladicí voda (věžová) s teplotou 24–27 °C, která je vyráběna pomocí chladicích věží,

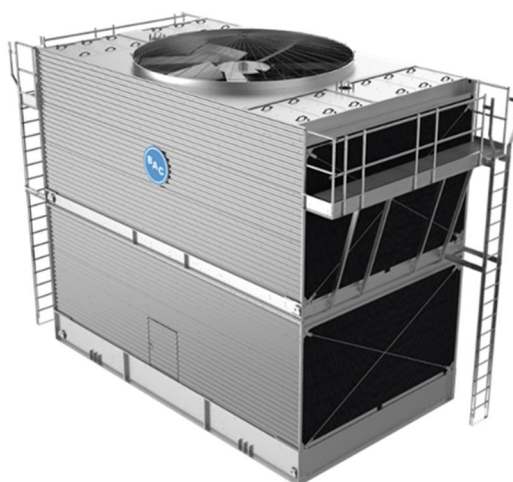
- druhá úroveň je chladicí voda s teplotou 6–12 °C, která je vyráběna pomocí kompresorových jednotek.



Obrázek číslo 1: schéma chlazení v závodě Škoda auto Kvasiny (zdroj: Škoda auto)

#### 5.4.1 Chlazení pomocí chladicích věží

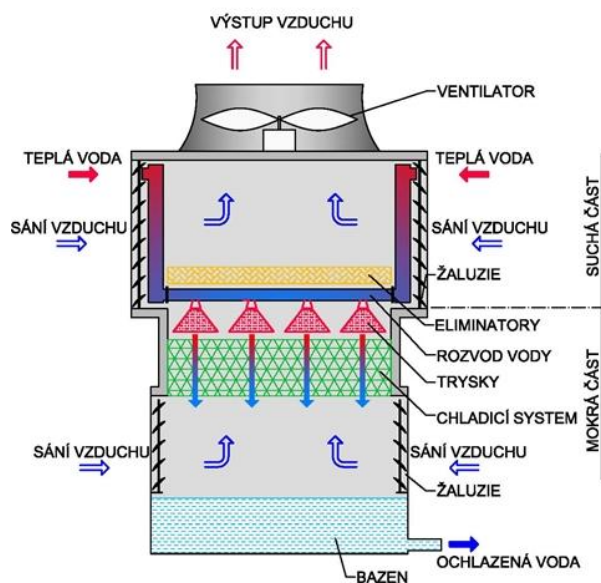
Pro výrobu chladu, distribuovaného po celém závodě pomocí chladicí vody o teplotě 24–27 °C, jsou používány chladicí věže. Pro zajištění požadované kapacity chladu pro lakovnu byly instalovány 3 jednotky chladicích věží.



Obrázek číslo 2: Chladičská věž (zdroj: Škoda auto)

U uzavřeného systému chlazení se chlazená voda nedostává do přímého kontaktu s okolním vzduchem a chladicí okruh může být provozován jako tlakově uzavřený. Oteplená voda je přiváděna potrubím do svazku tenkostěnných trubek instalovaných do chladicí věže (trubky mohou být ocelové – žárově zinkované z vnější strany nebo nerezové). V chladicích trubkách je voda ochlazována a zbytkovým tlakem odváděna z chladicí věže.

HYBRIDNÍ CHLADICÍ VĚŽ  
S NUCENÝM TAHEM



Obrázek číslo 3: schéma chladicí věže (zdroj: Škoda auto)

Pro dosažení maximálního chladicího výkonu a co možná nejnižších teplot ochlazené vody je chladicí věž opatřena skrápěcím – sprchovacím okruhem. Tento okruh je tvořen záchytnou vanou, ze které je skrápěcí voda čerpána čerpadlem do potrubního rozvodu, kde je rozstříkována na trubkové svazky, po kterých voda teče dolů zpět do záchytné vany.

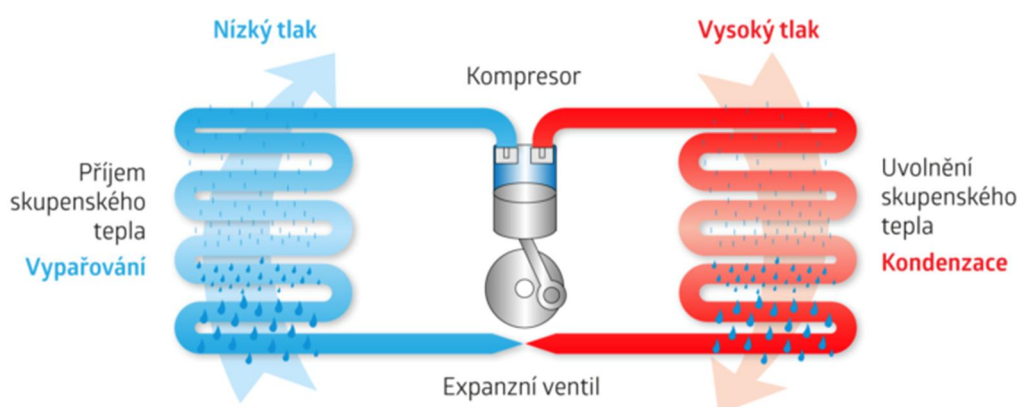
#### 5.4.2 Chlazení pomocí chillerových jednotek

Chiller je zařízení podobné klimatizačním jednotkám tepelným čerpadlům. Chladí kapalinu tím, že ji odebírá teplo. Na rozdíl od klimatizace, která rozvádí chladivo, je výstupem chilleru voda. Energie je odnímána z okolního vzduchu/zdroje o vyšší teplotní úrovni a pomocí kompresoru je převáděna na potřebnou nižší teplotní úroveň (Arya, Chavda 2014).

Princip činnosti:

- Chladivo – teplotněstabilní látka s nízkým bodem varu – proudí okruhem, při každém průchodu okruhem se nejdříve odpařuje a pak opět kondenzuje.
- Ve výparníku (venkovní jednotka) se chladivo odpařuje při nízké venkovní teplotě a absorbuje energii z okolí.
- Odpařené chladivo je nasáváno do kompresoru, kde je prudce zvýšen jeho tlak a teplota.
- Stlačené horké páry chladiva jsou vytlačovány do kondenzátoru.

- Ochlazením se z chladiva opět stává kapalina, která proudí do vstřikovacího ventilu (škrtkící prvek), kde je rozstříkována do výparníku a cyklus se opakuje.



Obrázek číslo 4: Schéma fungování chilleru (zdroj: Škoda auto)

V současné době je chladicí voda o teplotě 6–12 °C vyráběna pomocí kapalných chillerových jednotek. Do zařízení je přiváděna voda z chladicích věží (24–27 °C) a výstupem je pak chladicí voda (6–12 °C), která je v lakovně přiváděna ke spotřebičům potrubím.



Obrázek číslo 5: chillerová jednotka (zdroj: Škoda auto)

### Venkovní chillerové jednotky

Vzduchový chiller je chladicí jednotka, zařízení, které dokáže produkovat chlad a odevzdávat ho do vodního okruhu. Chiller je složen ze dvou okruhů; v primárním okruhu je chladivo chlazeno kompresorem, zatímco sekundární okruh chladí vodní okruh vodou. Okruhy jsou oddělené a tepelná energie je vyměňována prostřednictvím výparníku, ve kterém je teplo odebíráno oběhové vodě kapalným chladivem. V chladicím okruhu chilleru jsou obsaženy kompresor, kondenzátor, expanzní ventil a výparník. Vodní okruh je tvořen vodní zásobní nádrží a čerpadlem, které zajišťuje oběh chladicí vody.



*Obrázek číslo 6: venkovní chillerové jednotky (zdroj: Škoda auto)*

## **5.5 Svařovna**

Svařovna v Kvasinách byla rozdělena na svařovnu A a svařovnu B. Na svařovně A byly vyráběny vozy Karoq, Octavia limo a Seat Ateca s produkcí 850 karosérií za den. Na svařovně B byl vyráběn model Kodiaq s produkcí 430 karosérií za den. Svařovna B jako jediná pracovala pouze ve dvou směnách.

Obě svařovny byly složeny z hlavní linky, kde docházelo ke svaření hlavní konstrukce vozu, a několika vedlejších linek. Na hlavní lince byly nejdříve svařeny přední a zadní podlahy s tunely. Když byla spodní část karosérie kompletní, přicházely na řadu vnitřní i vnější postranice, blatníky, A, B a C sloupek. Na závěr byla navářena střecha, čímž byla práce na hlavní lince dokončena. Na vedlejších linkách byly svařovány například boční dveře, kapota, páté dveře a mnoho dalších dílů, které byly součástí hlavní konstrukce. Většina linek byla plně automatická a svařování probíhalo pomocí robotů. Pro svařování bylo používáno především bodové svařování.

Bodové svařování bylo jedním z druhů odporového svařování a bylo řazeno mezi nejrozšířenější v automobilovém průmyslu. Bodové svařování bylo používáno pro spojování přeplátovaných plechů a spoj byl tvořen jedním nebo několika bodovými svary. Svařování bylo prováděno pomocí válcové duté elektrody. V Kvasinách byly používány především měděné elektrody s obsahem chromu a zirkonu. Proces svařování začínal stlačením materiálu elektrodami, poté byl sepnut zdroj a elektrický proud procházející materiály natavil jejich styčné plochy, čímž byl vytvořen bodový svar. (ČSN EN ISO 4063, Raynoch,2012)

Dalším typem svařování, který byl využíván na svařovně v Kvasinách, bylo laserové svařování. Laserové svařování bylo prováděno bezkontaktně a bez použití elektrod, což zajišťovalo čistotu svaru bez nečistot. Díky vysoké přesnosti regulace energie bylo umožněno provádění vysoce přesného svařování bez tepelných

deformací. Technologie umožňovala rychlé svařování různých materiálů, včetně uhlíkových ocelí, slitin hliníku, titanu, mědi, niklu, plastů a kompozitních materiálů. Laserové svařování bylo využíváno pro náročné precizní svary v sériové a hromadné výrobě s požadavkem na automatizaci. V Kvasinách bylo laserové svařování používáno pro svařování střech a pátých dveří. (Tůma, Misan, 2021, ČSN EN ISO 4063)

Poté, co byla karosérie svařena na hlavní lince a byly kompletní i veškeré komponenty z vedlejších linek, byla karosérie navezena na linku finiše. Zde docházelo ke kompletaci, kdy byla karosérie osazena bočními dveřmi, kapotou a pátými dveřmi. Když byla karosérie kompletně ustrojená, docházelo k nalícování přidaných dílů, čímž byl výrobní proces na svařovně dokončen. Svařená a slícovaná karosérie putovala tunelem na lakovnu.

Voda byla využívána ve výrobním procesu ve svařovně především jako zdroj chlazení pro robotické stanice. Pro tento účel byly na svařovně umístěny chladicí věže. Čtyři chladicí věže byly určeny pro svařovnu a čtyři pro lakovnu.

## **5.6 Lakovna**

Lakovna byla postavena roku 2001 pro kapacitu 300 karosérií za den. Výrobní kapacita byla postupně navyšována a dnes je v lakovně lakováno 980 karosérií za den, šest dní v týdnu. Nepřetržitý provoz v lakovně nelze zavést z důvodu pravidelné údržby a čištění.

Lakovna je považována za nejsložitější proces v závodě a zároveň je zde spotřebováno největší množství vody. Během roku je zde spotřebováno okolo 9,5 tisíc kubických metrů pitné vody a 191 tisíc kubických metrů průmyslové vody. To vychází na 0,76 m<sup>3</sup> na karosérii. Průmyslová voda je ve výrobním procesu v lakovně používána při mokřém odloučení, a především na výrobu DEMI vody. DEMI voda je v lakovně vyráběna pomocí reverzní osmózy a je využívána na různé oplachy v rámci VBH a Kataforéza (KTL), zvlhčování v aplikačních boxech a chlazení.

### **5.6.1 Výrobní proces v Lakovně**

Výrobní proces v lakovně je složen ze čtyř hlavních procesů. Prvním je plně automatizovaný proces VBH a KTL, což je první protikorozní ochrana. Dalším je proces GAD a FAD, tedy utěsnění a lemy. Třetí proces aplikace (plnič, BC a CC) je dnes také plně automatizován. Posledním procesem je konzervace dutin (vosk).

## Linky VBH a KTL

Výrobní proces v lakovně je zahájen příjezdem karoserie ze svařovny. Tato karoserie je plně pozinkována, což zajišťuje ochranu proti korozi. Prvním krokem v lakovně je vstup karoserie do předúpravní linky, kde jsou prováděny základní procesy jako odmaštění, aktivace, fosfátování a pasivace. Tyto procesy se nazývají VBH.

Čistění (Cleaning) – po navedení karosérie do lakovny je potřeba odstranit veškerou mastnotu a nečistoty, které se vytvořily během předešlé výroby. Toho se dosahuje oplachem karosérie pomocí alkalických prostředků, které jsou ohřáté na teplotu 50 až 60°C.



Obrázek číslo 7: oplach, linka VBH (zdroj: foto vlastní)

Fosfátování patří mezi nejrozšířenější proces přípravy povrchu ocelí a pozinkovaných ocelí. Probíhá ponořením karosérie do lázně s fosfatizačním prostředkem o teplotě 70 až 75 °C. Tak vznikne na karosérii povlak z fosforečnanu, který je šedé až tmavě šedé barvy. Důvodem použití této technologie je jak součást protikorozní ochrany, tak především pro zlepšení podmínek přilnavosti dalších vrstev nátěru (Mohyla, 1995).

Pasivace slouží k vyplnění pórů fosfátové vrstvy. Tím se výrazně zvyšuje protikorozní ochrana a zároveň zvyšuje přilnavost kataforézních vrstev. Pasivaci se aplikuje pomocí chromových nebo bezchromových prostředků.

Kataforéza (KTL) je zařazena mezi elektroforézní metody nanášení barev. Využívají se zde vlastnosti speciálních epoxidových nebo akrylových polymerů (pryskyřic rozpustných ve vodě v iontové formě). Karosérie je kompletně ponořena do lázně s funkčním roztokem barvy, kde je za pomoci stejnosměrného napětí 250 až 350 V barva nanášena. Aby nedocházelo k zanášení lázně, barva je neustále cirkulována a filtrována pomocí pytlíkových filtrů, popřípadě je přečerpávána do zásobních tanků, které jsou jejich nedílnou součástí. Při provozu lázně kataforézy jsou neustále pravidelně sledovány hodnoty sušiny, pH a vodivosti. Celý proces KTL je

ukončen v sušičce, kde je barva vypalována po dobu 15 minut a při teplotě 160 °C. Jedná se o velmi ekonomickou metodu ochrany před korozi (Hylák a kol., 2018).



Obrázek číslo 8: kataforéza (zdroj: foto vlastní)

### **GAD/FAD**

Následuje proces aplikace plastisolu. Jedná se o šedou plastickou hmotu, která je vytvořena smícháním směsí změkčovadel a PVC. Plastisol je nanášen na svařené části karosérie (vnější i vnitřní), spodní část karosérie a těsní lemy dveří a kapoty. Pomocí plastisolu je docílena požadovaná vodotěsnost, zajištěna protikorozní ochrana a ochrana proti abrazi (obrušování). Aby plastisol plnil svou funkci, musí být podroben dvojí tepelné úpravě. Nejprve je pomocí sušárny dosaženo před želatínace (ztuhnutí) a poté je plastisol vypalován, čímž získává finální vlastnosti. Vypalování následuje až po aplikaci plniče.

V rámci procesu aplikace plastisolu jsou zde vkládány bitumenové folie. Jedná se o asfaltové desky s přísadami, které se liší podle požadovaných vlastností materiálu. Bitumenové folie jsou vkládány do vnitřku karosérie a slouží jako ochrana proti hluku. Stejně jako plastisol musí být podrobeny tepelné úpravě v sušičce. V dnešní době je v modernějších lakovnách často používán robotický nástřik bitumenů.

### **Aplikace**

První vrstva z nástřiku povrchu je tvořena aplikací plniče. Plnič je aplikován na vnitřní i vnější strany karosérie pomocí robotů, a to ve čtyřech odstínech (bílá, šedá, červená a černá) v návaznosti na finální barvu vozu. Tloušťka vrstvy plniče se pohybuje kolem 18–22 mikrometrů. Nerovnosti vzniklé při předchozích procesech jsou vyplňovány a vyhlazovány plničem. Plnič dále slouží jako podklad pro další vrstvy nástřiku. Po aplikaci plniče dochází k vypalování karosérie v sušičce při teplotě 165 °C po dobu 15 minut. Proces aplikace plniče se v některých novějších lakovnách neprovádí a je nahrazen jinou technologií.

Vlastní chemická charakteristika plniče je směs plnidel, aminopryskyřice, vody, organických rozpouštědel, pigmentu, nasycená polyesterová pryskyřice a polyuretanu. Dle Nařízení (ES) číslo 1272/2008 jsou v plniči obsaženy nebezpečné složky jako ethanol, propanol, parafíny (ropa) a oxid titaničitý.

Aplikace barevného základu neboli BC – base coat, díky ní se docílí požadovaného odstínu. Jedná se o vodu ředitelné barvy, které jsou nanášeny pomocí robotického nástřiku na vnitřek i vnějšek karosérie. Tato barevná vrstva tvoří 15 až 25 mikrometrů tlustou vrstvu. Po aplikaci nástřiku, je zapotřebí nechat barvu alespoň 3 minuty vytěkat.

Lakovna v Kvasinách používá 12 barevných odstínů. Tyto barvy se liší nejen vzhledem, ale i charakteristikou složení a obsahem nebezpečných látek. Jako například:

**Bílá candy** – jedná se o základní bílou barvu bez metalízy. Její chemická charakterizace je směs syntetických pryskyřic, pigmentů a rozpouštědel a také vody. Zároveň obsahuje nebezpečné látky jako butoxyethanol, iso-butanol, Dimethylaminoethanol, propanol a alifatické uhlovodíkové směsi.

**Černá magic** – je metalízová barva, jejíž složení se skládá z polyesterová pryskyřice, aminopryskyřice, polyuretanu, akrylátové pryskyřice, organického rozpouštědla, vody a pigmentu. Nebezpečné látky, jež se v této barvě vyskytují jsou butoxyethanol, tetramethyl, butanol a Dimethylaminoethanol.

Po té karosérie jde do před sušky, kde se barva suší okolo 3 minut při teplotě 60 °C až 70°C. Vysušení barvy před nástřikem laku je velice důležité, protože by jinak mohlo dojít k vyvaření barvy. Po vyjetí z před sušky se musí karosérie ochladit. Teplota ochlazené karosérie nesmí překročit 35°C.

Aplikace vrchního laku, tak zvaně CC – clear coat. Jedná se o konečnou vrstvu nástřiku, jejíž prioritní funkcí je ochrana vozu v běžném provozu, jako je odolnost vůči počasí, kamínkům, působení solí, pílu atd. Dále lak plní funkci estetickou, dodává vozu lesk a dotváří konečný estetický výsledek barvy.

Používaný lak je směsí polyesterové pryskyřice, aminopryskyřice, polyuretanu, akrylátové pryskyřice, organického rozpouštědla a vodného roztoku. Mezi další přísady obsažené v laku patří solventní nafta, n-butanol, xylool, trymethylbenzol, butylglykolacetát a další.

Konzervace dutin (zaplavování) je proces, při kterém jsou dutiny zaplaveny voskem. Aby bylo dosaženo optimálního rovnoměrného zaplavení, musí být karosérie přehřáta na teplotu 80 °C. Přehřátí také zlepšuje přilnavé vlastnosti vosku na

kataforézní vrstvu. Samotný vosk je při aplikaci zahřát na 120 °C a je aplikován do bočních dveří pomocí robotů a do spodku karoserie v takzvaných zaplavovacích hnízdech. Vosk se díky svým vlastnostem může dostat do všech trhlin, svárů i přehybů, a díky tomu je voskový povlak dokonalou protikorozní ochranou. Používané vosky mají bod tání okolo 80 °C, což zamezuje skapávání vosku z vozu při vystavení vysokým letním teplotám.

Následuje finální kontrola nalakované karoserie. Pokud je karoserie bez závad, je odeslána na montážní linku. Případné nedostatky musí být opraveny na repasním pracovišti, tzv. Spot-repair.

## 5.7 Průmyslová voda v lakovně

Jak již bylo zmíněno, při výrobním procesu v lakovně je spotřebováno velké množství průmyslové vody. V rámci VBH a KTL se jedná o soustavu několika kádí na oplach (van) a oplachových sprch. Právě díky tomuto zařízení a jeho následné údržbě není v Kvasinách zaveden nepřetržitý provoz. Kvalita vody je pravidelně kontrolována. V rámci údržby se musí kádě 4 a 7 měnit jednou týdně při nedělní odstávce. Naopak oplachové kádě stačí měnit jednou za tři až čtyři týdny, podle zjištěné kvality vody. Voda, která se z kádě odčerpá, je vedena do chemické čistírny odpadních vod a teprve až po předčištění se vypouští do kanalizace a jde do čistírny odpadních vod. Vypouštěná předčištěná průmyslová odpadní voda je pravidelně kontrolována a archivována, tak aby znečištění bylo v limitech.

### 5.7.1 Zajištění podmínek pro lakování v aplikačních boxech

Pro potřeby správné kvality lakování je nezbytné, aby bylo zajištěno vhodné klimatické prostředí uvnitř aplikační kabiny (obr. 9). V případě nedodržení klimatických podmínek může docházet k negativním vlivům na aplikaci dané vrstvy, zejména v rozlivu barvy a ulpění vrstvy na karoserii.



Obrázek číslo 9: Aplikační kabina (zdroj: Škoda auto)

Z vnějšího okolí je vzduchotechnickou jednotkou nasáván velký objem čerstvého vzduchu. Protože se jedná o tři obrovské vzduchotechnické jednotky s četným množstvím ventilátorů, je před nasávací stěnou postavena protihluková stěna, která zajišťuje nepřekročení stanovených hlukových parametrů.

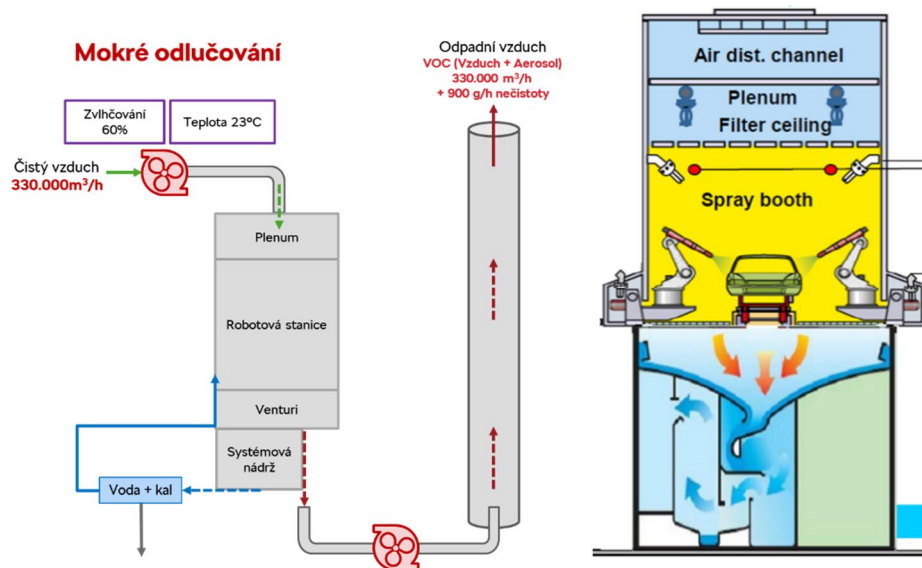
Ve vzduchotechnické jednotce je čerstvý vzduch nejdříve protažen soustavou filtrů, kde jsou odfiltrovány velké nežádoucí částice. Vzduch ve vzduchotechnické jednotce je dále veden přes oblast, kde je ohříván (přívodem tepla) nebo zchlazován (přívodem podchlazené vody) a zvlhčován na požadovanou teplotu a vlhkost. Za soustavou ventilátorů se nachází soustava jemnějších filtrů a následně je vzduch potrubím přiváděn do tzv. pléna. V oblasti plén jsou položeny nejjemnější filtry, které zajišťují přívod velmi čistého vzduchu do aplikačních boxů.

Jak už název napovídá, v aplikačním boxu je požadovaná vrstva (plnič, BC nebo CC) aplikována na karoserii. Z historického pohledu byli v aplikačních boxech původně umístěni operátoři výroby, tzv. stříkači, kteří měli natažené hadice s barvou a aplikovali ruční nástřík na všechny partie karoserie. V současné době je tento proces automatizován na robotický nástřík. Robotický nástřík je nejen rychlejší, ale zejména úspornější s ohledem na přesně programovatelné výtokové množství barvy.

Neulpěná barva na karoserii (tzv. overspray) je v aplikační zóně strhávána proudem přiváděného vzduchu z pléna nad kabinou směrem dolů, pod roštovou podlahu. V aplikačních kabinách je proto měřena tzv. klesavá rychlost vzduchu, při které dochází ke správnému proudění vzduchu v kabině. Právě z tohoto důvodu (pro zajištění správné klesavé rychlosti) je nasáván velký objem čerstvého vzduchu, který musí být upravován na požadované parametry. Pod roštovou podlahou jsou prostory určené k odloučení barevného pigmentu od vzduchu. Jsou rozlišovány různé systémy odlučování.

### **5.7.2 Systém mokrého odloučení**

Už samotný název napovídá, že v tomto provedení je k odlučování používána průmyslová voda.



Obrázek číslo 10: Schéma mokrého odlučování (zdroj: Škoda auto)

Pod roštovou podlahou je umístěna nerezová podlaha a Venturiho systém potrubí, do kterého je pomocí velkých čerpadel kontinuálně přiváděna cirkulační clona průmyslové vody. Na nerezové podlaze je průmyslová voda nejprve nasycena oversprayem a dále ve Venturiho systému dochází k oddělení odpadního vzduchu od znečištěné vody. Odpadní vzduch je následně veden přes odsávací ventilátory potrubím do komína a vypouštěn do okolí. Nasycená voda je přiváděna do systémové nádrže, do které jsou dávkovány různé chemikálie zajišťující odloučení barevného pigmentu od průmyslové vody. Průmyslová voda pak cirkuluje zpět na roštovou podlahu pod robotovou stanicí. Přes další technologie (flotátor, koncentrátor, dekantér) je vytvářen odpadní kal, který je v rámci závodu spalován a spalováním přečištěn.

### 5.7.3 Systém koagulace Na lakovně

Při mokrému odloučení aplikace plniče je voda pomocí tří čerpadel o výkonu 350 kubických metrů za hodinu přečerpávána ze systémové nádrže o objemu 70 kubických metrů do společného potrubí. Odtud je rozdělována do jednotlivých vstupů na zaplavovacím systému stříkacího boxu. Je zde odbočka do protinádrží ( $3 \times 100 \text{ m}^3$ ) pro možnost přečerpání nebo likvidace cirkulovaného média.



*Obrázek číslo 11: čerpadla (zdroj: foto vlastní)*

Tento proces čištění spočívá ve spojování koloidních a makromolekulárních organických částic do větších skupin, aby se staly oddělitelnými.

U mokrého odloučení aplikace BC jsou používána čtyři čerpadla o výkonu 370 m<sup>3</sup> za hodinu se sáním ze systémové nádrže o objemu 100 m<sup>3</sup> a s výtlačkem do společného potrubí. Odtud je rozdělováno do jednotlivých vstupů na zaplavovacím systému stříkacího boxu. Opět jsou zde tři protinádrže pro možnost přečerpání nebo likvidace cirkulovaného média.

Při cirkulaci u aplikace CC je stejně jako v předešlých aplikacích voda přečerpávána pomocí tří čerpadel o výkonu 380 m<sup>3</sup> za hodinu se sáním ze systémové nádrže o velikosti 74 m<sup>3</sup> a následně je vše stejné jako u předešlých systémů.



*Obrázek číslo 12: systémová nádrž koagulace (zdroj: foto vlastní)*

Každý aplikační box má svůj uzavřený systém, který se liší velikostí systémové nádrže a výkonem čerpadel. V každém systému mokrého odloučení je umístěno plovoucí čerpadlo o výkonu 10 m<sup>3</sup> za hodinu v systémové nádrži pro čerpání flotovaného kalu do flotátoru. Flotátory mají objem 3,5 m<sup>3</sup> a zásobníky na kal 4 m<sup>3</sup>. Dále je kal čerpán pomocí membránového čerpadla do společné zásobní nádrže před dekantérem.

V rámci cirkulace média v systému mokrého odloučení jsou dávkovány chemikálie pro čištění a udržení kvality vody. Jedním z těchto přípravků je koagulační přípravek (Bonderite). Používá se 2,5% roztok, který je připravován rozmícháním 25 kg v jednom kubickém metru vody. Dávkování probíhá kontinuálně do sání cirkulačního čerpadla.

Dále je používán flokulant (Bonderite), 0,2% roztok přípravku, který je připravován v automatické předmíchací stanici. Dávkován je pomocí čerpadla o výkonu 56 litrů za hodinu do výtlaku plovoucího čerpadla, kontinuálně. Čerpadlo je nastavováno mechanicky dle potřeby. Flokulační prostředek je používán jednorázově. Jeho dávkování probíhá ručně pouze při potížích s lepivostí kalu.

Odpěňovač je dávkován pomocí čerpadla o výkonu 13 litrů za hodinu a jeho dávkování je řízeno spínáním v závislosti na výšce hladiny pěny. Spínací hodnota je volitelná dle požadavků (od 0 do 500 mm). Dávkování probíhá od sepnutí do poklesu pěny pod požadovanou hodnotu. Odpěňovač je dávkován na hladinu na začátek systémové nádrže. Pokud pěna neklesne do 15 minut od zahájení dávkování, je spuštěno alarmové hlášení.

Jako pH regulátor je používán 50% hydroxid sodný. Je dávkován pomocí čerpadla s řízením výkonu a doby dávkování. Dávkování probíhá jednorázově v závislosti na aktuální hodnotě pH v rozmezí 7 – 8,5.

Na úpravu tvrdosti vody je používán síran hořečnatý. Ten je dávkován do systémové nádrže dle výsledků analýzy. Tvrdost vody by měla být udržována mezi 10 – 20 °N.

Pomocí těchto přípravků je voda schopna být cirkulována v boxech aplikace plniče a BC průměrně rok. Voda je průběžně dopouštěna. Voda je měněna jednou ročně, a to vždy v létě během hromadné dovolené, nebo v případě zhoršené kvality vody o Vánocích. V dnešní době, díky instalaci aplikačních robotů a jejich optimalizaci nástřiku, je kvalita vody zatím v tak dobrém stavu, že výměna média v létě nebude provedena. U systému mokrého odloučení v boxu aplikace CC se voda nemění, pouze se průběžně dopouští.

S vypuštěnou vodou je nakládáno v souladu se zákonem o nakládání s odpady. Vypuštěné médium je svým znečištěním zařazeno do kategorie nebezpečných odpadů. Proto je převáženo do spalovny, kde je likvidováno.

#### **5.7.4 Výroba demi vody**

Největší množství průmyslové vody spotřebované na lakovně je použito na výrobu demi vody. Na výrobu demi vody je použito okolo 0,565 m<sup>3</sup> průmyslové vody na karosérii. Jelikož průmyslová voda obsahuje různé příměsi či znečištění, které by mohly zapříčinit nedokonalý výsledek, musí být používána demi voda. Ta je používána na zvlhčování v aplikačních boxech, pro zvlhčování při broušení, v rámci oplachu a odmaštění při aplikaci VBH a KTL, při míchání barev a při ostatních čištěních. Demi voda je na lakovně v Kvasínách vyráběna pomocí reverzní osmózy.

Postup výroby probíhá tak, že průmyslová voda je přiváděna do zásobní nádrže o objemu okolo 6 m<sup>3</sup> a odtud je vedena čerpadly na pískové filtry, následně na pytlíkovou a svíčkovou filtraci. Přefiltrovaná voda je shromážděna v nádrži na surovou vodu o objemu 15 m<sup>3</sup> a pomocí vysokotlakých pump je čerpána do dvou modulů reverzní osmózy.

Do potrubí za pytlíkovou a svíčkovou filtraci je dávkován roztok proti zanášení membrán a tvoření vodního kamene. Roztok je připravován rozmícháním 25 kg přípravku (hydrex antiscalant) ve 100 litrech demi vody. Tento roztok je pak dávkován přibližně 200 mililitrů za hodinu.

Vyrobená demi voda (neboli permeát) je shromažďována ve dvou zásobních nádržích, z nichž každá má kapacitu přibližně 50 m<sup>3</sup>. Odpadní voda (koncentrát) z modulů reverzní osmózy je odváděna do odpadní nádrže a následně vypouštěna do biologické čistírny odpadních vod.

Výkon reverzní osmózy je v závislosti na teplotě vody až 22 m<sup>3</sup> za hodinu. Účinnost zařízení je 99 % a použitý tlak nesmí přesáhnout 21 barů. Vodivost vyrobené demi vody je do 10 µS/cm. Pokud dojde ke zvýšení vodivosti vyráběné demi vody, je potřeba provést proplach zařízení.

Zařízení je proplachováno tak, že do nádrže je napuštěno 500 litrů demi vody, která je ohřívána na 30 až 40 °C a je přidáno 5 kg proplachovacího prostředku (Ultrasil). Toto je množství, které slouží k oplachu jednoho modulu. Proplachové médium je napuštěno do modulu a je necháno cirkulovat pod nízkým tlakem. Následně je cirkulace zastavena a proplach je ponechán v zařízení stát okolo dvou hodin (máčení). Poté je opět necháno cirkulovat, ale již pod vyšším tlakem. Tento postup je

opakován tak dlouho, dokud není oplachové médium tmavě zbarveno rozpuštěnými usazeninami. Médium je vypouštěno a likvidováno pomocí neutralizační linky.

Potom je začínáno proplachování demi vodou tak dlouho, dokud není tekutina čirá. Nakonec je provedena kontrola pH (minimálně 5). Všechny odpadní vody z tohoto zařízení jsou likvidovány přes neutralizační linku.

### 5.7.5 Neutralizační linka

Výkon neutralizační linky je maximálně 30 m<sup>3</sup> za hodinu. Kyselé/alkalické odpadní vody jsou shromažďovány ve sběrné nádrži o objemu přibližně 40 m<sup>3</sup>, kam jsou přiváděny odpadní vody z linky VBH, linky KTL, z výroby demi vody a další odpadní vody z technologií lakovny.

Z této sběrné nádrže je odpadní voda přečerpávána pomocí dvou čerpadel o výkonu 35 m<sup>3</sup> za hodinu do linky neutralizace. Zde je proces odstraňování těžkých kovů a organického znečištění prováděn ve dvou stupních.

Ve statickém směšovači je dávkován koagulační prostředek, který je v tomto případě chlorid železitý (FeCl<sub>3</sub>). V prvním stupni neutralizace (pH se pohybuje mezi 5 a 7) je do nádrže dávkováno vápenné mléko Ca(OH)<sub>2</sub> nebo kyselina sírová H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na základě požadované hodnoty pH. Odpadní voda je vedena do další nádrže, kde probíhá druhý stupeň neutralizace (pH se pohybuje mezi 10,5 a 11,5). Zde je prováděno kontrolní měření hodnoty pH a odpadní voda je vedena do další nádrže. V potrubí mezi těmito nádržemi je dávkován fluktuant (Bonderite). Následuje sedimentační nádrž. Doba setrvání odpadní vody v nádrži se pohybuje mezi jednou a dvěma hodinami. Sedimentační nádrž je vybavena mechanickými škrabáky pro odstranění usazeného kalu.

Řídký kal je diskontinuálně čerpán do zásobníku řídkého kalu a dále zpracováván kalolisem. Odvodněný kal je odváděn do kontejneru a dále zpracováván dle platných předpisů o nakládání s odpady. Vyčištěný filtrát je vracen zpět do sběrné nádrže.

Vyčištěná odpadní voda ze sedimentační nádrže je odváděna do nádrže jemné neutralizace pro finální úpravu na požadovanou hodnotu pH. Tato úprava je prováděna pomocí dávkování kyseliny sírové nebo vápenného mléka. Následuje nádrž na vyčištěnou vodu a písková filtrace o kapacitě 2 x 35 m<sup>3</sup> za hodinu. Vyčištěná voda je přečerpávána dvěma čerpadly na biologickou čističku odpadních vod.

Parametry vody vypouštěné na BČOV

pH 8,0 – 9,0

optimální pH	8,9
CHSK	max. 2000 mg.l <sup>-1</sup>
Fe	max. 2,0 mg.l <sup>-1</sup>
C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub>	max. 2 mg.l <sup>-1</sup>
Zn	max. 1,0 mg.l <sup>-1</sup>
Ni	max. 0,6 mg.l <sup>-1</sup>
RAS	max. 2500 mg.l <sup>-1</sup>
NL	max. 30 mg.l <sup>-1</sup>
F <sup>-</sup>	max. 15 mg.l <sup>-1</sup>

### **Likvidace zaolejovaných vod**

Pracovní nádrž na zaolejované vody o objemu 15 m<sup>3</sup> je využívána ke shromažďování odpadních vod z odmašťování linky VBH, odpadních vod z HRK a kompresorovny s pásovým filtrem pro odstranění mechanických nečistot. Zaolejovaná voda je na UF zařízení zahušťována na cca 50 % koncentraci oleje, přečerpávána do zásobníku starého oleje a po jeho naplnění je externě likvidována.

Vyčištěná fáze (ultrafiltrát) je čerpána do venkovní nádrže a poté do sběrné nádrže pro kyselé/alkalické odpadní vody a dále zpracovávána v lince neutralizace – okolo 200 l.h<sup>-1</sup>.

### **Proplach UF jednotky**

Proplach je prováděn dle potřeby při poklesu výkonu UF zařízení. Proplachovací zařízení je třeba naplnit vodou, přidat medium a ohřát minimálně na 50°C. Ventily jsou nastaveny do proplachovacího režimu – cirkulace přes proplachovací nádrž. Celá fáze proplachování trvá okolo 30 minut. Poté, co jsou dosaženy základní parametry, je proplach vypuštěn. Modul je propláchnut vodou a pH musí být vyšší než 5,5. Při nižším pH je potřeba znovu provést proplach vodou. Pokud nejsou dosaženy základní parametry, je modul propláchnut jiným médiem, případně ultrafiltrátem. Všechny proplachy jsou vypuštěny do zásobníku starého oleje.

## **5.8 Montáž**

Montáž v závodě Škoda Kvasiny je tvořena dvěma hlavními výrobními linkami (ML1 a ML2) a konečnou montáží s repasí. Původně zde byla jedna montážní linka, ale v roce 2016 byla pro model Superb postavena druhá montážní linka. V dnešní době

jsou na ML1 vyráběny vozy Škoda Karoq, Octavia (limuzína) a Seat Ateca. Na druhé lince je vyráběn vůz Škoda Kodiaq. Dohromady je na obou linkách vyráběno na plnou kapacitu 1220 vozů za den.

Celý proces montáže je zahájen svěšením karosérie z lakovny. Poté jsou demontovány technologické přípravy z lakovny a boční dveře, které jsou umístěny na nosiče a pomocí dopravníku navezeny do linky předmontáže dveří. Zde jsou dveře kompletně nastrojeny elektrickými svazky, reproduktory, vedením skla, zpětnými zrcátky, výplněmi a dalšími dekorovými prvky. Po ustrojení jsou dveře pomocí dopravníku přemístěny do zásobníku a odtud putují až na kolovou linku, kde jsou nasazeny na ustrojený vůz.

Na karosérii jsou mezitím postupně montovány elektrické svazky, kryty karosérie proti poškrábání a navezený kokpit, který je stejně jako dveře sestaven mimo linku a do vozu je montován jako hotový díl. Poté jsou nalepeny zadní, přední a případně střešní skla.

Na lince agregátu je ustrojován podvozek, začíná se motorem a převodovkou. Oba tyto díly jsou dodávány jako hotový díl ze závodu v Mladé Boleslavi nebo jiných koncernových závodů. Dále jsou montovány nápravy, brzdy, tlumiče a další díly. Kompletně sestavený podvozek je dopravován pomocí automatického dopravníku na hlavní linku, kde je montován na karosérii. Tomuto pracovišti se říká svatba, a na obou linkách se jedná o poloautomatické pracoviště.

Po namontování podvozku je dokompletován motorový prostor, do vozu jsou doplněna média jako brzdová kapalina, chladicí kapalina, paliva a další. Dochází k ustrojení vnitřku vozu. Jsou namontovány podlahy, stropy, boční obložení a je sestavena středová konzole. Z vnějšku vozu jsou namontována světla, aero nástavky, cv kryty a kola. Poté, co jsou namontována kola, je vůz svěšen a putuje dál po lince, kde dochází k namontování sedaček. Jakmile je vůz ustrojen, jsou pomocí zařízení MFT do vozu nahrány programy (ECOS). Takto hotový vůz odjíždí na konečnou montáž, kde se sjíždějí vozy z obou linek.

Konečná montáž je zahájena na pracovišti geometrie, kde je seřízen podvozek, kalibrovány asistenční systémy a provedeny motorové zkoušky. Po vyjetí vozu z geometrie je vůz podroben jízdním zkouškám a následně navezen na vodní test. Po vodním testu je vůz navezen na linku KB7, kde je provedeno slícování kapoty, bočních dveří a první opravy. Kontrola kvality vozu je prováděna na lince KB8, kde je vůz kompletně zkontrolován; drobnější opravy jsou provedeny přímo na lince a složitější opravy v repasních boxech. Celý proces je ukončen na pracovišti seřízení světel, odkud vůz putuje na linky lepení ochranných folií a takto ošetřený vůz je odeslán ze závodu ke svému majiteli.

### 5.8.1 Průmyslová voda na montáži

Na montáži není oproti lakovně tak velké využití průmyslové vody. Průmyslová voda je zde využívána ve dvou případech: na pracovišti vodního testu a v myčce motorových vozidel.

Při vodním testu je vůz navezen na automatický dopravník a voda je na vůz neustále stříkána ze všech stran pod předepsaným tlakem, aby bylo zjištěno, že do vozu nezateká. Délka vodního testu trvá okolo 10 minut a délka dopravníku se pohybuje okolo 40 metrů. Podobně jako na lakovně u mokrého odloučení se i zde jedná o uzavřený okruh. Voda, která vykoná danou technologickou činnost, stéká přes rošty do nádrže. Zde je voda pomocí čerpadel cirkulována a pomocí pískového filtru čištěna. I tak musí být voda průběžně doplňována, protože dochází k odparu a voda je vyvážena ve formě kapek na vozech.

Myčka motorových vozidel není určena k pravidelnému používání. Jedná se o náhodné akce, když jsou vyrobené vozy vyvezeny na odstavné plochy z důvodů nekompletních vozů, systémových chyb atd. Každý vůz, který se vrací z odstavných ploch zpět do haly, by měl projet myčkou. Myčka funguje stejně jako vodní test na principu uzavřeného okruhu. Opět je zde používána podzemní nádrž, čerpadla a pískový filtr, a i zde musí být voda doplňována.

Voda je pravidelně kontrolována. Jednou za dva týdny jsou odebírány vzorky ze zásobníku, které jsou posílány na rozbor. Všechny rozборы jsou dlouhodobě archivovány dle předpisů a norem.

## 5.9 Čistírna odpadních vod

Stejně jako úpravna vody, tak i čištění odpadních vod pro závod bylo zřízeno firmou Ško-energo. Čištění průmyslových odpadních vod probíhá na biologické čistírně odpadních vod. Biologická čistírna odpadních vod byla navržena na kapacitu 18200 EO (ekvivalentních obyvatel). Maximální možný přítok do čistírny je 75 m<sup>3</sup>.

ČOV se řadí mezi mechanicko-biologické, a pracuje na principu nízko zatěžované selektorové aktivace s regenerací kalu. Je určena k aerobnímu čištění organického znečištění obsaženého v odpadních vodách závodu. Odstranění znečišťujících látek a následná stabilizace kalu byla dosažena provzdušňováním předčištěné odpadní vody s aktivovaným kalem při nízkém zatížení kalu, které bylo spojeno s malou produkcí přebytečného kalu.

Biologické čištění probíhá na třech linkách a všechny linky aktivace byly navrženy jako systém R-D-N (regenerace – denitrifikace – nitrifikace) včetně selektorů.

- **Regenerace:** Proces obnovy mikroorganismů, které jsou klíčové pro biologické čištění.
- **Denitrifikace:** Proces odstraňování dusíku z odpadní vody, což je důležité pro snížení eutrofizace vodních toků.
- **Nitrifikace:** Proces oxidace amoniaku na dusičnany, což je klíčový krok v biologickém čištění odpadních vod.

Byl zde zavedena interní recyklace, což znamená, že část vyčištěné vody byla znovu použita v procesu čištění, což zvyšuje efektivitu a udržitelnost celého systému. Dávkování substrátu bylo také součástí procesu, což zahrnuje přidávání živin potřebných pro mikroorganismy, které provádějí biologické čištění.

V roce 2024 bylo vypuštěno z biologické čistírny odpadních vod 244.631 m<sup>3</sup> vyčištěné odpadní vody zpět do potoku Bělá. Kvalita odpovídala parametrům platného integrovaného povolení. Potok Bělá spadá do kategorie pstruhových vod.

## 6 Vlastní projekt

### 6.1 Důvod zadání

Závod Škoda auto Kvasiny spotřebuje v rámci roční výroby vozů okolo 0,3 milionů m<sup>3</sup> průmyslové vody. Většina vody se bere z řeky Bělá, a jako nouzová strategie je v závodě vybudováno sedm vrtů pro čerpání podzemní vody. Ty slouží k vyrovnávání zásob průmyslové vody v suchých měsících (viz. předešlé kapitoly).

Mezi roky 2014 a 2020, kdy bylo na našem území, především v letních měsících detekováno extrémní sucho. Proto byla na žádost představenstva firmy Škoda auto vypracována studie. Ta uvádí, že při extrémním suchu a připravované změně legislativy, je v ohrožení 0,1 milionů m<sup>3</sup> průmyslové vody za rok. Tím by hrozilo vážné riziko zastavení, nebo omezení výroby vozů.

Z těchto důvodů byla dne 5. 12. 2022 schválena realizace projektu „Udržitelné zásobování vodou“ v Kvasinách, v Mladé Boleslavi a příprava projektové dokumentace. Ta měla objasnit kompletní aktuální stav nakládání s vodou v Kvasinách a zároveň představit změnu přístupu k zajištění průmyslové vody v Kvasinách. Jedná se tak o návrh nových opatření pro zajištění průmyslové vody, zajištění finančních prostředků pro úsporná opatření a prověření rizik změn v legislativě. V projektu „Udržitelné zásobování vodou“ v závodě Kvasiny byli navrženy tři opatření:

- Zavedení suchého odloučení v lakovně – má nahradit stávající systém mokrého odlučování v aplikačních boxech plniče, BC a CC. Odhadovaná úspora průmyslové vody je 57 500 m<sup>3</sup> za rok a investice se blíží 50 milionům euro.
- Vymývání nanofiltrací v lakovně – je projekt s odhadovanou úsporou 15 400 m<sup>3</sup> průmyslové vody za rok a očekávaná investice je cca. jeden milion euro.
- Suché chlazení ve svařovně a lakovně – jedná se o projekt který má změnit stávající způsob chlazení svařovny a lakovny. Očekává se úspora průmyslové vody 22 853 m<sup>3</sup> za rok s plánovanou investicí kolem 3 milionů euro.

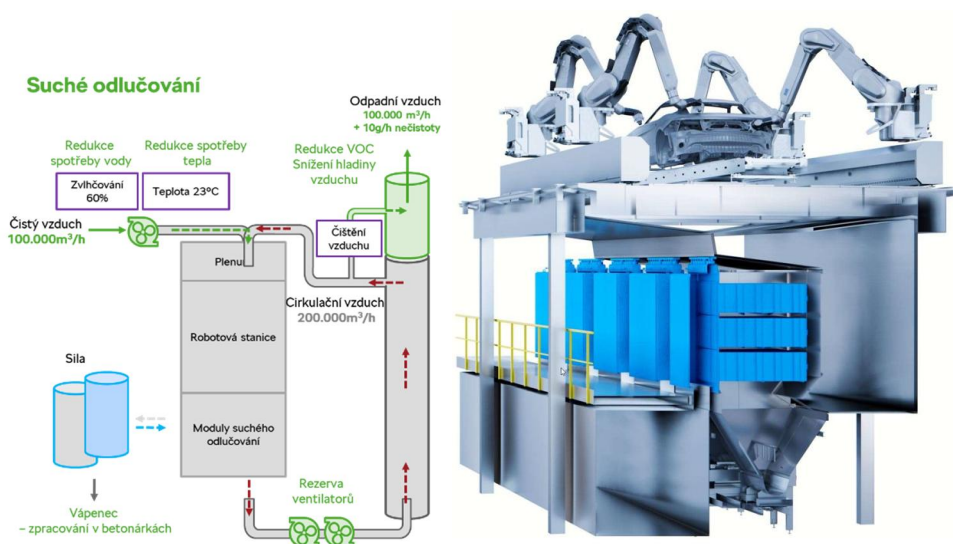
V rámci těchto tří opatření by mělo dojít k odhadované úspoře 95 753 m<sup>3</sup> průmyslové vody za rok, při odhadovaných investicích 53,8 milionů euro. To by mělo nahradit ohrožené množství 0,1 milionů m<sup>3</sup> průmyslové vody za rok.

## 6.2 Systém suchého odlučování

U suchého odlučování rozlišujeme dvě základní varianty podle použitého prvku k odloučení.

### 6.2.1 Suché odlučování pomocí vápence

Prvkem zajišťujícím odloučení pigmentu od proudícího vzduchu je v tomto případě vápenec. Vápenec je jemnozrná až celistvá sedimentární hornina. V převážné míře je tvořen uhličitánem vápenatým ( $\text{CaCO}_3$ ) tj. klencový kalcit a jeho kosočtverečná modifikace, aragonit. Jako příměsi jsou ve vápenci dolomit, jílové minerály, či siderit. Čistý vápenec má bílou barvu, ovšem příměsi jej zbarvují do nejrůznějších barev. Vápenec tak může být šedý, černý, žlutavý, okrový nebo červený (Hejtman 1977).



Obrázek číslo 13: Schéma suchého odlučování pomocí vápence (zdroj: Škoda auto)

U tohoto provedení se pod roštovou podlahou nacházejí moduly suchého odlučování (obr. 14). I v tomto případě je neulpělá barva z nástřiku strhávána proudícím vzduchem směrem dolů. Do modulů je nerezovým potrubím separátně přiváděn čistý vápenec ze sila. V přesně daných intervalech dochází uvnitř modulu k víření vápence (za pomoci stlačeného vzduchu) a k jeho smíchání s oversprayem.



Obrázek číslo 14: Moduly DryScrubberu (zdroj: firma Dürr)

Tento nasycený vápenec pak ulpívá na skleněných filtrech. Podle nastavení uživatele (podle počtu projetych karoserií, podle počtu hodin nebo podle hmotnosti/objemu zvířeného vápence) je po zvolené variantě zachycený špinavý vápenec na skleněném filtru oklepán, a následně odsát do sila na odpadní vápenec. Znečištěný vápenec je definován jako meziprodukt a po naplnění sila je odvážen do betonárek, kde je přidáván do směsí na výrobu betonových prvků.

Odpadní vzduch pak dále proudí přes odsávací ventilátory do potrubí, které je rozděleno do dvou komor. Jedna komora vrací dvě třetiny objemu vzduchu do aplikačních kabin a zbylá jedna třetina je odsávána novou komorou do čistícího zařízení. V tomto zařízení je směs přepálena při teplotách okolo 750 °C, což vede k výraznému snížení škodlivých látek, které jsou vypouštěny do ovzduší.

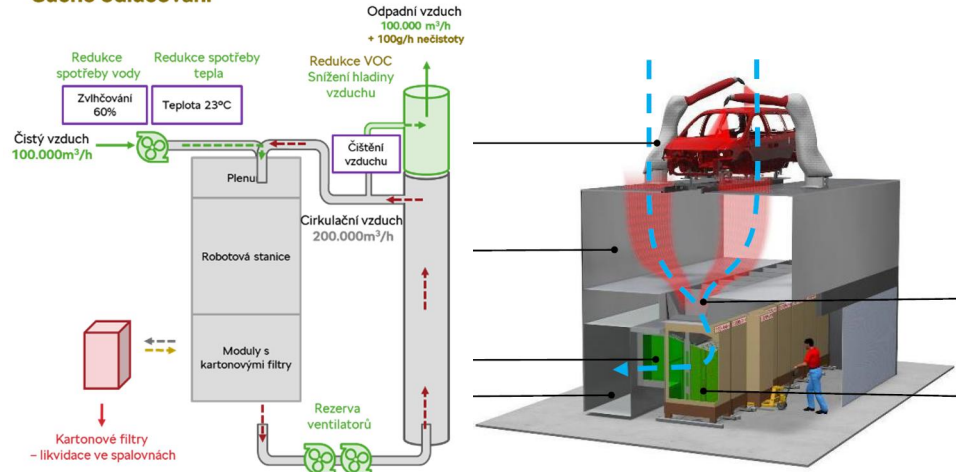
V našem konkrétním případě by ve stávajícím komíně musely být vytvořeny výduchy pro napojení a vytvoření nového vzduchotechnického potrubí.

### **6.2.2 Suché odlučování pomocí kartonových krabic**

V této variantě se k odloučení pigmentu používají kartonové filtry, které jsou umístěny pod roštovou podlahou. Proud vzduchu proudící z aplikačních kabin nejprve prochází kartonovými filtry, kde jsou kartonové filtry postupně nasyceny oversprayem. Hned za kartonovým filtrem se nachází ještě druhý, sekundární filtr, který slouží jako policejní.

U tohoto typu odlučování je operátorům ve výrobě signalizována informace o nasycenosti jednotlivých filtrů na základě jejich hmotnosti. Nasycené kartonové filtry oversprayem musí být ručně vyměněny za nové.

### Suché odlučování

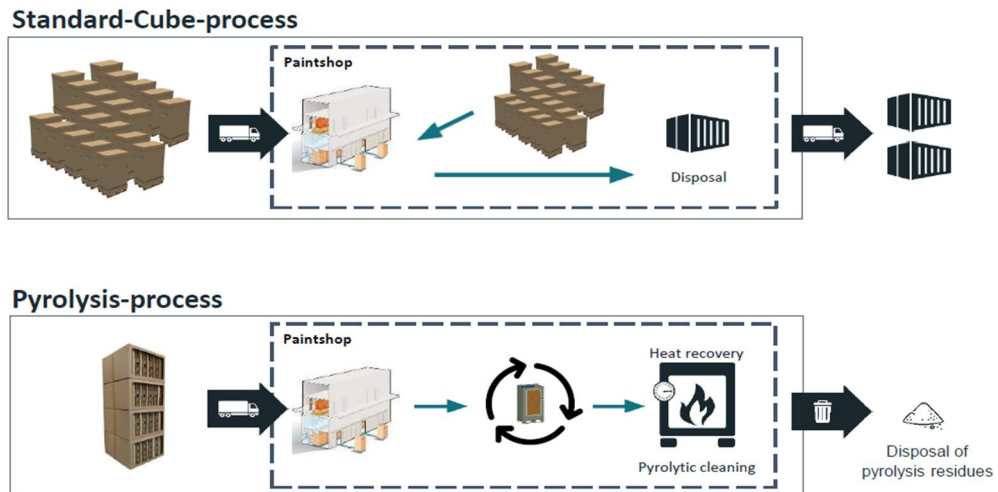


Obrázek 15: Schéma suchého odlučování pomocí kartonových filtrů (zdroj: Škoda auto)



Obrázek číslo 16: Kartonové filtry – nový vs nasycený (zdroj: firma Eisenmann)

Výrobci rozlišují dvě varianty uchycení. Jednou z nich je přímé nasunutí kartonových filtrů do modulů, avšak nasycený karton je v tomto případě klasifikován jako nebezpečný odpad, který musí být odvezen k likvidaci. Druhou variantou je umístění filtrů do kovových rámců a jejich následná likvidace v pyrolytické peci. Při přepálení dochází k termické oxidaci nasyceného kartonu za vzniku popele a kovový rám je po vychladnutí znovu použit.



Obrázek číslo 17: Možnosti likvidace nasycených kartonů (zdroj: Škoda auto)

Odpadní vzduch je i v této variantě odsáván do potrubí, které je následně rozděleno do dvou komor. Dvě třetiny vzduchu jsou vráceny zpět do aplikačních kabin a jedna třetina vzduchu je přečištěna v přepalovacím zařízení.

### 6.2.3 Porovnání technologií pro odlučování

Lze říci, že systém mokrého odlučování je sice účinný, ale energeticky náročný a nevhodný pro životní prostředí. Nevýhody jsou v množství nasávaného čerstvého vzduchu, který musí být následně upraven na požadované parametry. Stejně množství vzduchu je pak vypouštěno napřímo do ovzduší a obsahuje velké množství nečistot. Průmyslová voda sice v nádržích pro plniče a BC není dopouštěna, ale pro linku CC ano a toto dopouštění se negativně projevuje v celkové spotřebě vody v závodě.

Naproti tomu obě varianty suchého odlučování výrazně snižují spotřebu vody a emise vypouštěné komínem. S ohledem na opětovné využití velkého množství vzduchu (cirkulací) jsou snižovány náklady na energie potřebné k nezbytné úpravě vzduchu na požadované parametry pro lakování.

Nevýhodou je vysoká pořizovací cena nových technologií. Dalším negativním bodem je nutnost výměny filtrů používaných u obou variant suchého odlučování. Četnost výměny skleněného filtru je rozhodně menší, avšak pořizovací cena je oproti kartonovému výrazně vyšší. Další nevýhodou u varianty odlučování kartonovými filtry je jejich nutná likvidace a také jejich logistika.

Odlučování vápencem je oproti vodnímu odlučování účinnější o 90 %, zatímco proces s kartonovými filtry je oproti vodnímu odlučování účinnější o 9 %. V tabulce níže jsou schematicky shrnuty zásadní výhody a nevýhody změny technologie odlučování.

Položka	Vliv na změnu
Spotřeba vody	✓
Zrušení likvidace kalů z barev	✓
Snížení aplikace chemikálií do koagulace	✓
Snížení spotřeby otopné vody	✓
Redukce emisí VOC	✓
Zvýšená spotřeba plynu	✗
Nárůst personálu	✗
Režijní náklady na provoz nové technologie	✗
Spotřeba el. energie	-

Tabulka číslo 1: Vliv přechodu z mokrého odlučování na suché

### Porovnání nákladů pro odlučování

Pro porovnání společných nákladů stávajícího stavu mokrého odloučení a navrhovaného suchého odloučení, je uvedeno v tabulce. Tabulka je uvedena tisících euro. Jsou zde znázorněny jak úspory, které navrhované opatření přináší, tak i zvýšené náklady na straně druhé.

Položka	Cena	Množství	T€ / Rok
Voda	0,3 €/m <sup>3</sup>	-57.500 m <sup>3</sup>	17
Likvidace kalů z barev	241 €/t	-428 t	103
Chemie z koagulace	0,9 €/kar	-265.950 kar	239
Elektrická energie	177 €/MWh	-4.760 MWh	842
Otopná voda	69,2 €/MWh	-10.820 MWh	748
Redukce emisí VOC	408 €/t	-344 t	140
Zvýšená spotřeba plynu	69,2 €/MWh	3.890 MWh	(269)
Dodatečná likvidace odpadních ředidel	220 €/t	753 t	(165)
Navýšení el. energie na chlazení	177 €/MWh	1.983 MWh	(351)
<b>SUMA</b>			<b>1.304</b>

Tabulka číslo 2: Porovnání ročních provozních nákladů mezi mokrým a suchým odloučením

Z tabulky je patrné, že se suché odloučení ekonomicky vyplatí v případě dlouhodobého provozu. Rozdíl mezi suchým a mokrým odloučením je plánovaná úspora okolo 1,3 milionu euro za rok provozu. Dle rozdílu spotřeby vody, elektrické energie, plynu a likvidace odpadu. Není zde vedena počáteční investice. Jedná se pouze o roční náklady za provoz.

Porovnání ročních nákladů mezi suchým odloučením pomocí vápence a pomocí kartonových krabic je znázorněn v tabulce 5.

Vápencem	Cena	Množství	Cena celkem [€]
Nákup vápence	60 €/t	880 t	(52 800)
Likvidace vápence - doprava	50 €/t	880 t	(44 000)
Stlačený vzduch 6bar	27,7 €/t.Nm <sup>3</sup>	1.010 t.Nm <sup>3</sup>	(28 000)
Nárůst personálu	40.000 €/osoba	4 osoby	(160 000)
Roční úspory (tab. č. 2)			1 304 000
<b>SUMA</b>			<b>1 019 200</b>

Tabulka číslo 3: Roční náklady suchého odloučení pomocí vápence

Kartonové krabice	Cena	Množství	Cena celkem [€]
Nové filtry	580 €/ks	2.100 ks	(1 218 000)
Likvidace filtrů	700 €/t	430 t	(301 000)
Manipulace s filtry	60 €/t	430 t	(25 800)
Nárůst personálu	40.000 €/osoba	8 osob	(320 000)
Roční úspory (tab. č. 2)			1 304 000
<b>SUMA</b>			<b>(560 800)</b>

Tabulka číslo 4: Roční náklady suchého odloučení pomocí kartonových krabic

Status	Vápencem	Kartonové krabice
Technické řešení odlučování / odpad z technologie	Vápenec / <b>meziprodukt</b>	Kartony / <b>nebezpečný odpad</b>
Emise z technologie* [mg/m <sup>3</sup> ]	<<0,1	<1
Koncentrace tuhých znečišťujících látek [t/rok]	0,2	2
Investice [Mio. €]	<b>49,8</b>	<b>32,1</b>
Roční provoz [Mio. €/rok]	<b>1,0</b>	<b>(0,6)</b>

Tabulka číslo 5: Vyhodnocení aktuálních nabídek

V rámci porovnání ročních nákladů z ekonomického i ekologického hlediska bylo zjištěno, že suché odloučení pomocí vápence vycházelo lépe. Navzdory vysoké prvotní investici okolo 50 milionů euro, byla na provozu technologie plánována úspora okolo milionu euro za rok, oproti stávající technologii mokrého odloučení. Suché odloučení pomocí kartonových krabic mělo sice nižší prvotní investici okolo 32 milionů euro, ale plánované náklady na provoz byly o 0,56 milionu euro vyšší než u stávající technologie.

Mezi ekologické přínosy suchého odloučení pomocí vápence byly zařazeny kromě samotné úspory průmyslové vody také eliminace nebezpečného odpadu, včetně kartonových krabic. Dále tato technologie produkovala nižší emise a koncentraci tuhých znečišťujících látek.

Z těchto důvodů byl vybrán projekt suchého odloučení pomocí vápence. Začátek projektu byl stanoven na hromadnou dovolenou roku 2026. Díky tomu, že veškeré stavební práce mohou být realizovány pouze o hromadných dovolených v létě

(2-3 týdny) nebo o vánočních svátcích, byl celý projekt rozfázovaný do čtyř kroků. Během nich měl být postupně realizován.

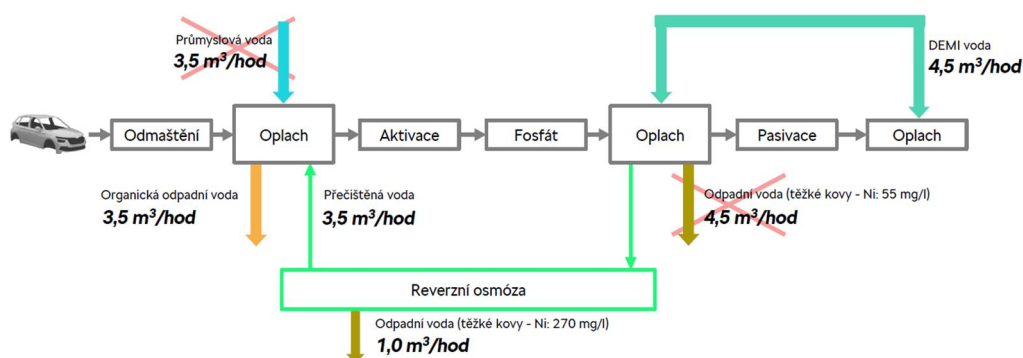
V prvním kroku dojde k vyztužení konstrukce. Ve druhém kroku bude zavedeno suché odloučení pro aplikaci plniče. Ve třetím kroku následuje suché odloučení pro aplikace BC a CC a instalace nové vzduchotechniky pro aplikaci plniče. V posledním kroku bude instalována nová vzduchotechnika pro aplikace BC a CC a následné čištění vzduchu.

V průběhu realizace dojde k vybudování nových sil sloužících jako zásobníky pro čistý a špinavý vápenec.

V oblasti koagulace je předpokládána kompletní demontáž Venturiho systému a příslušných systémových nádrží včetně příslušenství. Stejně tak budou demontovány navazující systémy – flotátor, koncentrátor, homogenizátor a dekantér. Ty nahradí filtrační moduly určené k suchému odlučování a přívodní vzduchotechnická potrubí a zásobovací potrubí pro vápenec. Celý projekt by měl být dokončen na podzim roku 2028.

### 6.3 Nanofiltrace v lakovně

Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, linka VBH se skládá z odmaštění, několika oplachů, aktivace, fosfátování a pasivace. Některé oplachy jsou prováděny v kádích, do kterých je karosérie zcela ponořena, a jiné připomínají sprchy. Jejich uspořádání je jednoduše znázorněno na obrázku.



Obrázek číslo 18: Schéma nasazení reverzní osmózy na lince VBH (zdroj: Škoda auto)

Zde je názorně ukázáno, že demi voda, pomocí které se provádí finální oplach, je nadále využívána na oplach, který se provádí mezi fosfátováním a pasivací. Mezi těmito dvěma oplachy je demi voda o průtoku 4,5 m<sup>3</sup> za hodinu. Po těchto provedených

úkonech je médium vypouštěno jako odpadní voda do čistírny odpadních vod. Tyto odpadní vody jsou bohaté na toxické kovy, především na nikl ( $\text{Ni} = 58 \text{ mg.l}^{-1}$ ).

V rámci oplachu, který je umístěn mezi odmaštěním a aktivací, je používána průmyslová voda. Její spotřeba činí  $3,5 \text{ m}^3$  za hodinu. Po vykonání oplachu je tato voda vypouštěna do čistírny odpadních vod a je klasifikována jako organická odpadní voda.

Návrh spočívá v tom, že poté, co je demineralizovaná voda použita jako první oplach po pasivaci a následně jako druhý oplach mezi fosfátováním a pasivací, už nebude vypouštěna jako odpadní voda, ale bude čištěna pomocí reverzní osmózy. V rámci čištění reverzní osmózou dochází k tomu, že z  $4,5 \text{ m}^3$  odpadní vody za hodinu je vyprodukováno  $3,5 \text{ m}^3$  přečištěné vody za hodinu a  $1 \text{ m}^3$  odpadní vody za hodinu. Přečištěná voda je vedena na oplach po odmaštění a nahrazuje průmyslovou vodu, která zde byla původně používána.

To jednoduchými počty znamená úsporu:

- Průmyslová voda:  $3,5 \text{ m}^3$  za hodinu
- Odpadní vody:  $3,5 \text{ m}^3$  za hodinu.

### 6.3.1 Vyhodnocení přínosu projektu

Pro vyhodnocení přínosů tohoto projektu byl mezi roky 2023 a 2024 proveden pilotní projekt. Projekt trval pět měsíců a přinesl několik poznatků.

Hlavní poznatek tohoto projektu ukázal, že výkon reverzní osmózy by se měl pohybovat mezi 80 až 60 %. Pokud výkon klesne pod 60 %, je potřeba vyměnit membránu reverzní osmózy. Z pilotního projektu vyplynulo, že tato výměna by se měla provádět šestkrát za rok.

Mezi výhody tohoto projektu lze zařadit využití moderní separační technologie, pomocí které dochází k sekundárnímu využití vody ve VBH. Tím je dosaženo roční úspory vody okolo  $24\,000 \text{ m}^3$ . Dále dochází ke snížení množství odpadní vody s obsahem niklu.

Na druhé straně bylo poukázáno i na rizika projektu. Tím, že původní odpadní vody byly bohaté na škodlivé látky ( $\text{Ni} = 55 \text{ mg.l}^{-1}$ ), při přečištění pomocí reverzní osmózy dochází ke zkoncentrování těchto látek. Tím je překročen limitní obsah fluoru, niklu a uhlovodíků C10 – C40 v odpadních vodách. To může způsobovat bakteriální znečištění linky BČOV. Proto bude nutné zprovoznit koagulaci KTL (předsrážení  $\text{Ni}^{2+}$  iontů) a provést optimalizaci řízení neutralizační linky.

Dále bude nutné zohlednit závislost na čistotě vstupní vody a tím vyprodukované množství kalu a jeho chemické složení (sloučeniny Ni a F) a zbytky lepidel.

Pro zavedení projektu je potřeba instalovat novou jednotku reverzní osmózy a další stavební úpravy v lakovně. Počáteční investice se pohybuje okolo jednoho miliónu euro. Veškeré náklady a úspory jsou uvedeny v tabulce. Návratnost investice celého projektu je 16 let. Celý projekt by se měl realizovat ve třetím kvartálu roku 2025.

	Úspora [m <sup>3</sup> /rok]	Spotřeba [kWh/rok]	Úspora [€/rok]	Náklady [€/rok]
Průmyslová voda	24 000		39 000	
Odpadní voda	24 000		84 000	
Elektrická energie		41 000		(7 000)
Chemikálie				(10 000)
Filtrační materiál				(7 000)
Výměna RO membrán 6x/rok				(36 000)
<b>Suma Σ</b>			<b>123 000</b>	<b>(60 000)</b>
Počáteční investice				<b>1 mil. €</b>

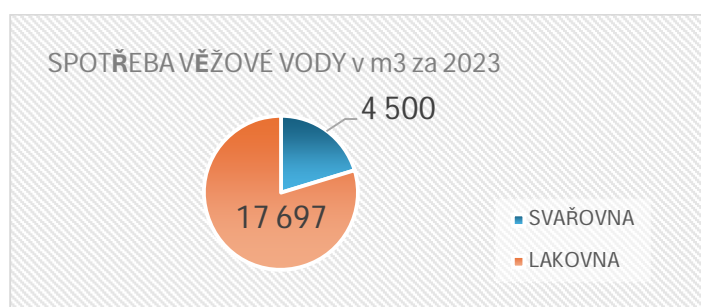
Ceny energií*		
Průmyslová voda	1,64	[€/m <sup>3</sup> ]
Odpadní voda (chemie)	3,5	[€/m <sup>3</sup> ]
Elektrická energie	176,9	[€/MWh]

\*platné pro 01/2024

Tabulka číslo 6: Vyčíslení nanofiltrace na lakovně

#### 6.4 Suché chlazení

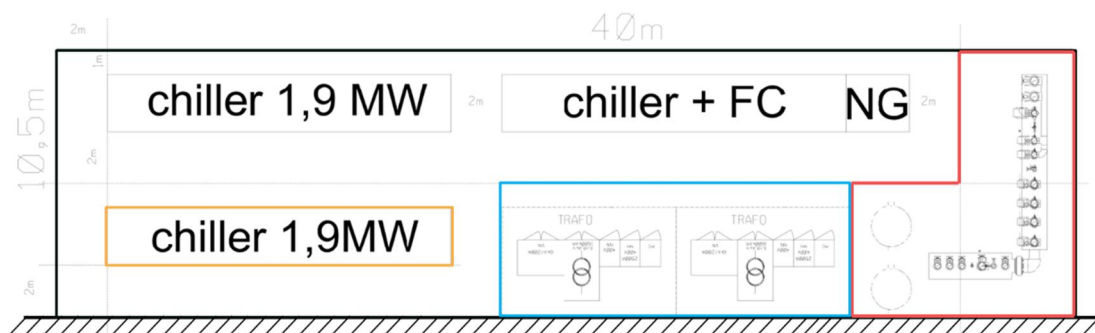
Potenciál pro úsporu chladicí vody je spatřován v nahrazení chladicích věží suchými chladiči. Cílem by byla náhrada veškeré aktuální spotřeby věžové vody v lakovně. S ohledem na prostorové možnosti ve stávajících strojovnách chladicích věží není možné do těchto věží suché chladiče instalovat.



Obrázek číslo 19: Graf spotřeby věžové vody v závodě (zdroj: Škoda auto)

S ohledem na využití kapacity chlazení se nabízí varianta, kdy by nová technologie byla instalována co nejbližší k aktuálním i budoucím spotřebičům chladicí vody, tedy co nejbližší lakovně. Za tímto účelem by musela být na stěně lakovny instalována nová ocelová plošina (dovnitř lakovny se takto rozměrné technologie již

nevejdou). Na nové plošině by pak byly umístěny nové stroje zajišťující výrobu chladicí vody s požadovaným teplotním spádem, stejně jako strojovna a trafostanice nutné pro zajištění elektrické energie pro chillery. Na obrázku níže je návrh rozmístění technologií pro zajištění 6 MW chladicího výkonu. Aby byla zajištěna duplicita trafostanic (TS), je nezbytné instalovat celkem dvě nové TS, opět co nejbližší ke spotřebiči elektrické energie.



Obrázek číslo 20: Návrh pro uspořádání suchých chladičů na nové konstrukci (zdroj: Škoda auto)

Instalace nové technologie s sebou samozřejmě nese i jisté nevýhody a rizika. Ventilátory, které jsou používány pro nasávání vzduchu do chladičů, způsobují zvýšení hladiny hluku. Dalším negativem je zabránění nové plochy pro ocelovou konstrukci v již tak přeplněném závodě. Oproti tomu je velkou výhodou snížení spotřeby elektrické energie. Tím, že elektrická energie je v cenovém porovnání s průmyslovou vodou mnohonásobně dražší, je tento projekt zajímavý jak z ekologického pohledu, tak finančního.

Úprava na lakovně	Věžová voda 0,31 EUR/m <sup>3</sup>	El. energie 150 EUR/MWh	počáteční investice
Stávající stav	17 697 m <sup>3</sup> /rok 0,005 mio EUR/rok	3,742 GWh/rok 0,56 mio EUR/rok	---
Návrhový stav	0,0 m <sup>3</sup> /rok	1,807 GWh/rok 0,27 mio EUR/rok	<b>2,3 mio EUR</b>
<b>ÚSPORA:</b>	<b>0,005 mio EUR/rok</b>	<b>0,29 mio EUR/rok</b>	

Tabulka číslo 7: Finanční vyhodnocení suchého chlazení

Celý projekt byl rozdělen do dvou fází, a to z důvodu možné realizace pouze o celozávodních dovolených v letních měsících. První fáze byla plánována na léto 2026 a druhá na léto 2027. Návratnost projektu byla počítána okolo 6let. Kromě plánované úspory vody dojde i k úspoře elektrické energie.

## 7 Závěr

V rámci mé diplomové práce jsem se zaměřil na projekt optimalizace nakládání s vodami ve výrobním procesu závodu Škoda auto Kvasiny. V rámci literární rešerše jsem se věnoval legislativě České republiky i Evropské unie, rozdělení průmyslových vod a nakládání s průmyslovými odpadními vodami.

Dále jsem popsal závod Škoda Auto v Kvasinách a jeho výrobní kapacity. Byly představeny technologické postupy výroby na svařovně, lakovně a montáži, popsáno využití a spotřeba průmyslové vody v jednotlivých výrobních úsecích a následné nakládání s ní.

Vlastní práce spočívala v návrhu řešení optimalizace spotřeby vody. Na to byly vypracovány projekty, díky nimž mělo být dosaženo daného cíle. Všechny tři projekty byly nezávisle popsány a byla ukázána jejich pozitiva a negativa. Pozitiva projektů byla především z ekologického hlediska, a to ve snížení spotřeby vody i dalších energií. Největší přínosy jsou patrné u projektu suchého odloučení, kde kal a odpadní průmyslová voda končily ve spalovně jako nebezpečný odpad, a po zavedení projektu měl nasycený vápenec končit jako meziprodukt v betonářském průmyslu. Negativa převládají na straně ekonomické, a to především kvůli prvotní investici, která přesahovala i roční úspory za provoz a její návratnost byla v dlouhodobém horizontu a v podstatě nenávratná.

Závěrem lze říci, že technologie, jak ušetřit vodu a chovat se šetrněji k přírodě při výrobě existují, ale vyžadují nemalé finanční náklady. Bohužel někdy jsou prvotní náklady tak vysoké, že i následná úspora za roční provoz technologie (elektrická energie, plyn, odpady atd.) se nedokáže přiblížit finanční návratnosti. Ideální je už při výstavbě závodu tyto technologie naplánovat a tím náklady minimalizovat. V rámci výstavby nové lakovny v Mladé Boleslavi se plánuje jak projekt suchého odloučení pomocí vápence, tak nanofiltrace na linku VBH.

## 8 Použitá literatura

1. ARIA J., CHAVDA N., 2014: Design and Performance Analysis of Water Chiller – A Research. *International Journal of Engineering Research and Applications*4(6(4)):19-25.
2. BHUTA H., 2014: Advanced Treatment Technology and Strategy for Water and Wastewater Management. *Industrial Wastewater Treatment, Recycling and Reuse*. Elsevier Ltd, [cit. 2024-11-07].<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-099968-5.00004-0>
3. BOLTO B., GREGORY J., 2007: Organic polyelectrolytes in water treatment. *Water research* Volume 41, Issue 11. P. 2301-2324.
4. CLAYTON R., 2015: A Review of Current Knowledge Desalination for Water Supply[online]. © Foundation for Water Research 2015 [cit. 2025-01-13]. Dostupné z: <http://www.fwr.org/desal.pdf>
5. ČSN EN ISO 4063. Svařování a příbuzné procesy – Přehled metod a jejich číslování. Praha: ÚNMZ
6. DAYARATHNE H.N.P, ANGOVE M.J., ARYAL R., ABUEL-NAGA H., MAINALI B., 2021: Removal of natural organic matter from source water: Review on coagulants, dual coagulation, alternative coagulants, and mechanisms. *Journal of Water Process Engineering*, 40[cit. 2024-11-07]. 101820. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101820>
7. DOHÁNYOS M., KOLLER J., STRNADOVÁ N., 1998: Čištění odpadních vod. VŠCHT Praha.
8. EYKAMP W., 1995: Microfiltration and ultrafiltration. In R. D. Noble & S. A. Stern (Eds.), *Membrane Science and Technology* (1st ed., Vol. 2, pp. 1–43). [cit. 2024-11-09]. [https://doi.org/10.1016/S0927-5193\(06\)80003-3](https://doi.org/10.1016/S0927-5193(06)80003-3)
9. FYTILI D., ZABANIOTOU A., 2008: Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods-Areview. *Renew Sustain Energy Rev* [cit. 2024-10-27]. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.05.014>
10. HASSAN S. R., ZWAIN H. M., DAHLAN I., 2013: Development of Anaerobic Reactor for Industrial Wastewater Treatment: An Overview, Present Stage and Future Prospects. *Journal of Advanced Scientific Research* 4(1):7–12.
11. HEJTMAN B., 1977: Petrografie. SNTL/ALFA, Praha.
12. HLAVÍNEK P., 2006: Stokování a čištění odpadních vod, Modul 1, Stokování, Vysoké učení technické v Brně.
13. HLAVÍNEK P., HLAVÁČEK J., 1996: Čištění odpadních vod – praktické příklady výpočtů, Brno.

14. HLAVÍNEK P., MIČÍK J., PRAX P., 2003: Stokování a čištění odpadních vod, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno.
15. HYÁNEK Ľ., REŠETKA D., KOLLER J., NESMĚRÁK I., 1991: Čistota vôd. 1. Vyd. Bratislava: ALFA, 262 s., ISBN 80- 05-00700-0.
16. HYLÁK K., MATUŠKA Z., DRAŠNAR P., KUDLÁČEK J., HORNÍK J., 2018: Development of Equipment for Mass Cataphoresis Painting. Materials Science Forum Vol. 952, pp 92-98.
17. CHEREMISINOFF N. P., 2002: Handbook of water and wastewater treatment technologies. Amsterdam, Elsevier, 576 p., ISBN: 978-0-75-067498-0.
18. CHMIELEWSKÁ E., 2004: Ochrana vôd. Bratislava: EPOS, 111 s., ISBN 80-8057-620-3.
19. JELÍNEK L., 2008: Desalinační a separační metody v úpravě vody [online]. Praha: Vydavatelství VŠCHT, [cit. 2025-01-13]. ISBN 978-80-7080-705-7.
20. JIANG J. Q., 2015: The role of coagulation in water treatment. Current option in chemical engineering Volume 8. P. 36-44.
21. KRÁLIKOVÁ R., BADIDA M., HALÁSZ J., 2007: Technika ochrany životného prostredia. Košice: ELFA, 302 s. ISBN 978-80-8086-062-2.
22. KYZAS G.Z., 2018: Flotation in Water and Wastewater Treatment. Processes. [cit. 2024-10-21]. <https://doi.org/10.3390/pr6080116>
23. LEE C. S., ROBINSON J., CHONG M. F., 2014: A review on application of flocculants in wastewater treatment. Process safety and environmental protection Volume 92, Issue 6. P. 489-508.
24. LENFELD P., NOVÁ I., JERSÁK J., GABRIEL V., 2001: Základy strojírenské výroby. SAVS, 2001. ISBN 80-238-7610-4.
25. MARTOŇ J., TOLGEESSY J., HYANEK Ľ., PIATRIK M.: Získavanie, úprava, čistenie a ochrana vôd. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1984. 468 s.
26. MEJÍA – MARCHENA R., MATURANA A., GOMEZ D., QUINTERO CH., ARISMEDNDY L., CÁRDENAS C., 2001: Industrial Wastewater Treatment Technologies For Reuse, Recycle, And Recovery: Advantages, Disadvantages, And Gaps. Res Sq: 2021. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1147300/v1>
27. MITZIA A., BOSERLE HUDCOVÁ B., VÍTKOVÁ M., KUNTEOVÁ B., HERNANDEZ D., MOŠKO D., POHOŘELÝ M., GRASSEROVÁ A., CAJTHAML T., KOMÁREK M., 2024: Pyrolysed sewage sludge for metal(loid) removal and immobilisation in contrasting soils: Exploring variety of risk elements across contamination levels. Science of the Total Environment 918 (2024) 170572.
28. MOHYLA, Miroslav. Technologie povrchových úprav kovů. Ostrava: Ediční středisko VŠB – Technická univerzita Ostrava, 1995. ISBN 80-7078-267-6.

29. MŽP, 2024: Odpadové hospodářství, [cit. 2024-09-13]. online: <http://www.mzp.cz>.
30. PITTER P., 2009: Hydrochemie, Vydavatelství VŠCHT Praha.
31. POST J., 2005: Čistírny odpadních vod. ČZU Praha
32. PRAKASH N. B., SOCKAN V., JAYAKARAN P., 2014: Waste water treatment by coagulation and flocculation. IJESIT Volume 3, Issue 2. P. 479-484.
33. RADOIU M. T., MARTIN D., CALINESCU I., LOVU H., 2004: Preparation of polyelectrolytes for wastewater treatment. Journal of hazardous materials Volume 106, Issue 1. P. 27-37.
34. RATHILAL S., SIBIYAN P., TETTEH E. K., 2021: Coagulation treatment of wastewater: kinetics and natural coagulant Evaluation. Molecules Volume 26, Issue 3. P. 693.
35. RAYNOCH J., 2012: Svařování. Docplayer: Svařování. Osnova učiva: Historie sváření. Základy svařování [online]. [cit. 2024-11-07]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/6977262-Svarovani-osnova-uciva-historie-svareni-zaklady-svarovani.html>
36. ROY A., BHATTACHARVA J., 2014: Nanotechnology in Industrial Wastewater Treatment. In Water Intelligence Online. [cit. 2024-10-21]. IWA Publishing 13. 1st edn. <https://doi.org/10.2166/9781780406886>
37. RUDOLF E., 2005: Průmyslové vody a nový zákon o vodách, MŽP ČR, [cit. 2025-09-13]. (online: [Odpady.iHNed.cz](http://Odpady.iHNed.cz))
38. SOBOTA J., 2006: Studijní texty předmět Úprava pitných a čištění odpadních vod, Praha
39. SOJKA J., 2004: Malé čistírny odpadních vod. 2. aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2004. ISBN 80-86517-80-2.
40. TUČEK F., CHUDOBA J., KONÍČEK Z., 1988: Základní procesy a výpočty v technologii vody. 2. přeprac. SNTL, Praha. 633 s.
41. TŮMA P., MISAN S., 2021: Konstrukce: laserové svařování kovů [online]. [cit. 2024-03-11]. Dostupné z: <https://konstrukce.cz/materialy-a-technologie/laserove-svarovani-kovu-797>
42. URCIKÁN P., IMRIŠKA L., 1986: Stokovanie a čistenie odpadových vôd. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 237 s.
43. VÍTKOVÁ M., ZARZSEVSZKIJ S., ŠILLEROVÁ H., KARLOVA A., ŠIMEK P., WIMMEROVÁ L., MARTINCOVÁ M., URBÁNEK B., KOMÁREK M., 2024: Sustainable use of composted sewage sludge: Metal(loid) leaching behaviour and material suitability for application on degraded soils. Science of the Total Environment 929 (2024) 172588.

44. VŠB TU Ostrava, 2010: Multimediální učební texty zaměřené na problematiku úpravy a čištění vody, Ostrava.

Ostatní:

1. SYNTHOMER, 2008: Likvidace oplachových vod. Synthomer a.s., Sokolov. 41 s. "nepublikováno". Dep.: Archiv Synthomer a.s.
2. Holoubek V., Karlík J., 2004: Škoda – Z Kvasin do celého světa 1934-2004, Uniprint s.r.o., Rychnov nad Kněžnou, ISBN: 80-239-4071-6