

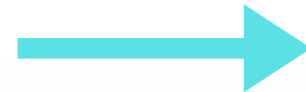
◆ Voda = ključni resurs za industriju

⚠ Izazovi: visoka potrošnja, opasni efluenti, stroža regulativa

✓ BAT (Najbolje dostupne tehnike) = sistematičan okvir za održiva rešenja



Regulativni okvir



EU Direktiva o industrijskim emisijama (IED)

Pravni instrument kojim se uređuje kako industrija mora da upravlja emisijama u vazduh, vodu i zemljište.

IED obavezuje sve veće industrijske pogone da koriste BAT – najbolje dostupne tehnike.



BREF dokumenti & BAT zaključci

Za svaki industrijski sektor postoji odgovarajući BREF dokument, koji sadrži pregled tehnologija, mera i preporuka.

BAT Conclusions su pravno obavezujući i precizno definišu koje tehnologije treba primeniti i koje vrednosti emisija moraju biti postignute.



BAT-AEL – granične vrednosti emisija u vode

IED i BREF dokumenti obezbeđuju jedinstven okvir: industrija ima slobodu izbora tehnologije, ali rezultat mora biti u skladu sa graničnim vrednostima emisija definisanim BAT-AEL.“



ВАТ ТЕХНИКЕ У УПРАВЉАЊУ ОТПАДНИМ
ВОДАМА У ИНДУСТРИЈИ ОБОЈЕНИХ МЕТАЛА

Izvori i karakteristike otpadnih voda



Izvori otpadnih voda

- rashladne vode
- prečišćavanje gasova
- hidrometalurški i elektrolitski procesi
- redovno čišćenje opreme i površina unutar pogona



Zagađujuće materije

Zagađujuća materija	BAT-AEL (mg/l)
Arsen(As)	≤ 0,1 (do 0,2 u specijalnim slučajevima)
Kadmijum (Cd)	0,02–0,1
Bakar (Cu)	0,05–0,5
Živa (Hg)	0,005–0,02
Nikl (Ni)	≤ 0,5 (do 2)
Olovo (Pb)	≤ 0,5
Cink (Zn)	≤ 1,0
Srebro (Ag)	≤ 0,6
Hrom VI	≤ 0,05

Odgovarajuće tehnike za tretman i kontrolu otpadnih voda u industriji obojenih metala

Metal	Tehnike proizvodnje	Specifične tehnike upravljanja vodama
Bakar	Pirometalurški procesi (koncentrat → mat → blister), elektroliza, sekundarno topljenje	Neutralizacija, hemijska precipitacija, filtracija, recirkulacija ispiranja, kontrola anoda
Cink Kadmijum	Waelz Proces, Hidrometalurgija	Višestepeno pranje, protivstrujno ispiranje, tretman sumpornom kiselinom, flotacija
Aluminijum	Bajerov proces, elektroliza (Hall-Héroult), секундарно топљење	Recirkulacija rashladne vode, mehanička filtracija, tretman fluorida, korišćenje kišnice
Nikl Kobalt	Elektroliza, hidrometalurgija	Jonizacija, reverzna osmoza, neutralizacija, sedimentacija
Olovo Kalaj	Sekundarno topljenje, peći	Prečišćavanje sulfida, taloženje, kontrola pH i temperatura
Plemeniti metali (srebro, zlato, platina)	Hemijsko ispiranje, elektroliza	Aktivni ugalj, jonska modifikacija, reciklaža, neutralizacija



AURUBIS U HAMBURGU

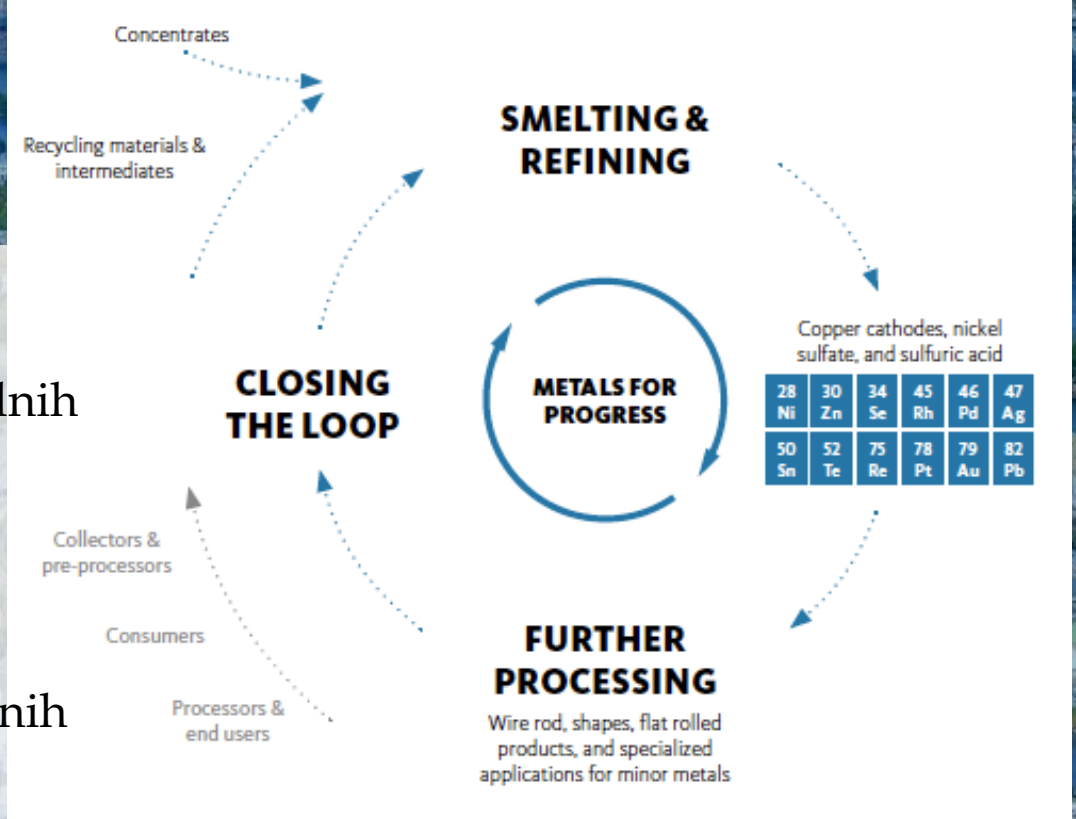
TOPIONICA BAKRA

sveobuhvatan sistem
zatvorenog kruženja
vode kojim je postignuto
smanjenje potrošnje
sveže vode za oko 85%.

- višestepeno mehaničko i hemijsko prečišćavanje otpadnih voda,
- recirkulaciju kondenzata,
- tretman vode od ispiranja iz elektrolize i obradu voda iz sistema za prečišćavanje dimnih gasova

centralizovana stanicu
za prečišćavanje
otpadnih

- neutralizacija,
- flokulacija,
- sedimentacija i
- filtracija.



UPRAVLJANJE VODAMA U AURUBIS-U

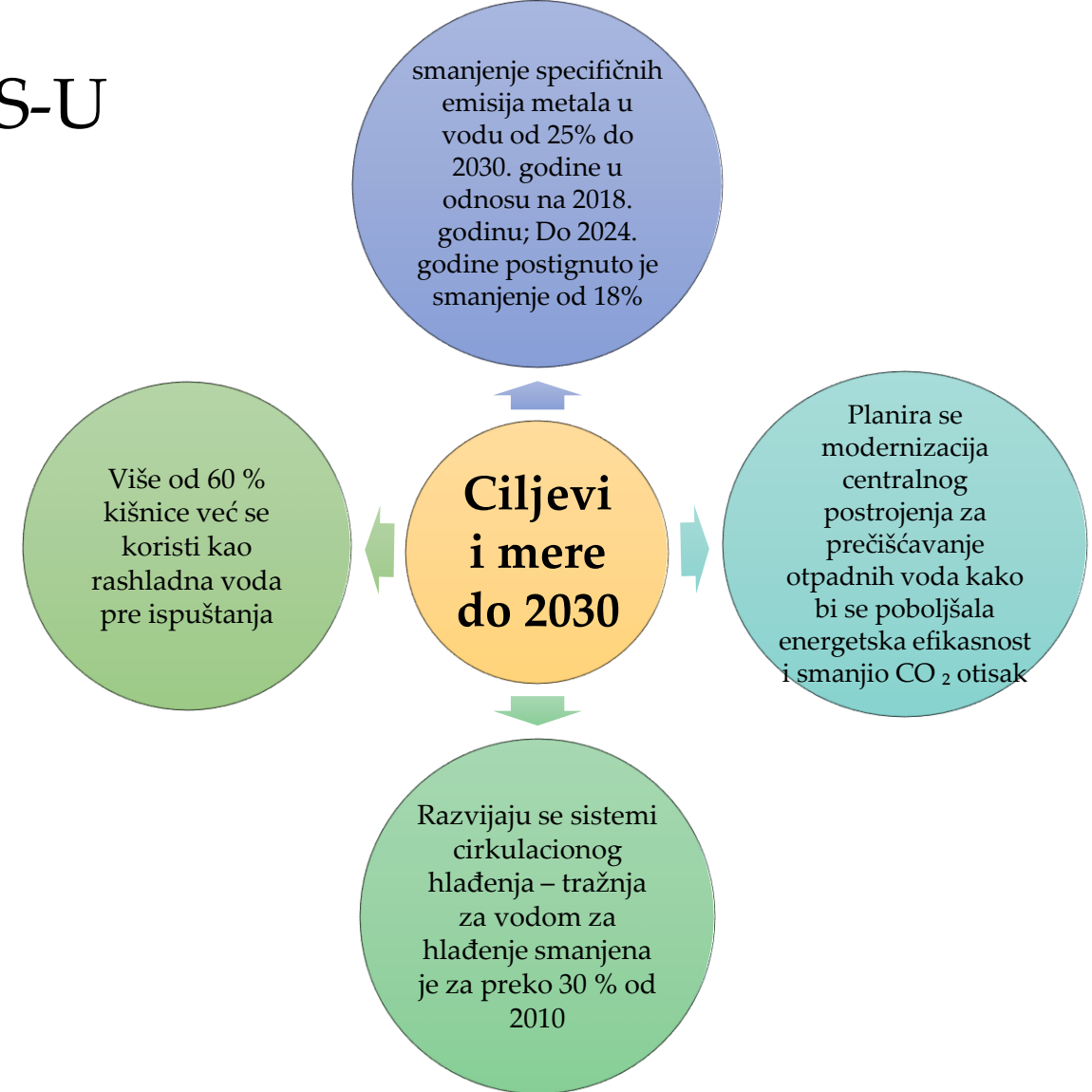
Ukupno korišćenje vode u 2024. iznosilo je 63 miliona m³, što je pad u odnosu na 2020. (78,3 miliona m³)

Otpadne vode nastaju od padavina, vode za hlađenje (direktna i indirektna), kondenzata, procesnih voda i vode za čišćenje.

Padavine se sakupljaju i čiste u dva postrojenja; deo se ponovo koristi kao rashladna voda

Aurubis Hamburg ima dozvolu za direktno ispuštanje u reku Elbu; metalna opterećenja u otpadnim vodama u 2024. iznosila su 1,4 g/t proizvodnje – više od 30 % manje nego 2000. godine

Udeo teških metala iz otpadnih voda fabrike Hamburg u ukupnom opterećenju Elbe je manji od 0,1 %

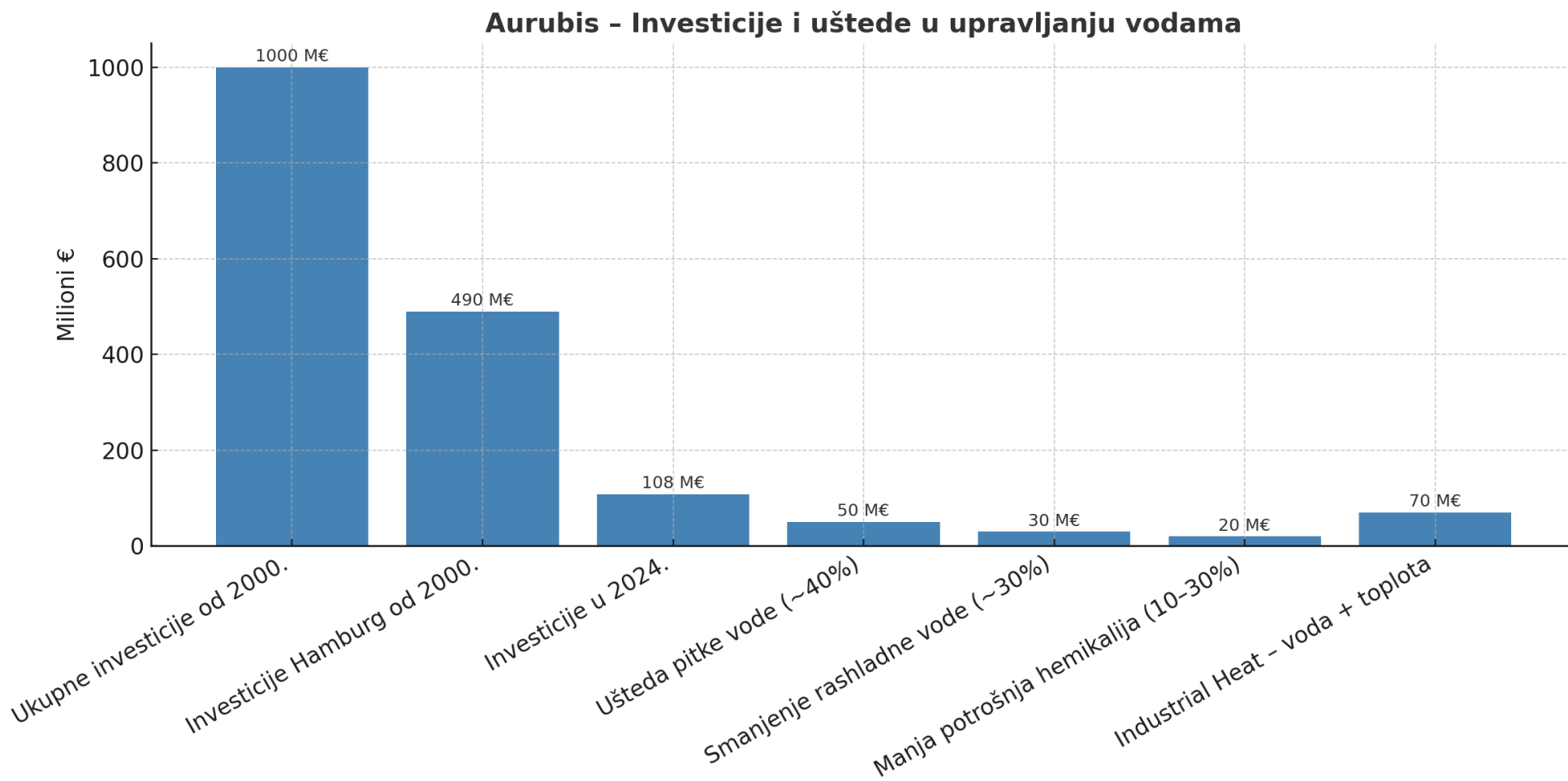


U 2024. započeta je studija za modernizaciju postrojenja za tretman otpadnih voda (adaptacija za buduće zahteve, smanjenje energije i CO₂)

Planiraju se nova postrojenja sa konceptom “wastewater-free” u proizvodnji plemenitih metala

Inevsticije i uštede u upravljanju vodama

Projekat Industrial Heat smanjuje upotrebu rashladne vode za 12 miliona m³ godišnje i donosi uštede kroz prodaju toplote gradu Hamburgu – do 160 miliona kWh toplote/god (ekvivalent toplotnim troškovima za ~ 8.000 domaćinstava)





IZAZOVI

● Otpadne vode visokog rizika – sadrže teške metale (Cd, Pb, Hg, Ni, Cu, Zn, As), kiseline, fluoride, cijanide.

△□ Toksičnost i perzistentnost – čak i u malim koncentracijama teški metali dugoročno ugrožavaju vodene ekosisteme.

🔧 Visoki troškovi tretmana – uklanjanje metala zahteva više koraka (neutralizacija, hemijsko taloženje, jonska izmena, membrane).

🏠 Velike varijacije u sastavu otpadnih voda – u zavisnosti od vrste metala i procesa (elektroliza, topljenje, galvanizacija).

📋 Stroge regulative – BAT-AEL limiti za $\text{Cd} \leq 0,1 \text{ mg/L}$; $\text{Hg} \leq 0,02 \text{ mg/L}$; $\text{Ni} \leq 0,5 \text{ mg/L}$.

♻️ Upravljanje muljem – metalno bogat mulj mora da se bezbedno odlaže ili oporavi; često klasifikovan kao opasan otpad.

MOGUĆNOSTI

✓ Recirkulacija procesnih voda – zatvoreni sistemi smanjuju potrebu za svežom vodom i troškove ispuštanja.

🌱 Izdvajanje metala iz otpadnih voda – taloženjem ili jonskom izmenom moguće je ponovo dobiti Cu, Ni, Zn, što donosi ekonomsku korist.

💡 Napredne tehnologije – membranske tehnike (RO, NF, UF), AOPs za cijanide i organske zagađivače, adsorpcija na aktivnom uglju ili specijalnim adsorbentima.

♻️ Cirkularna ekonomija – upotreba mulja kao sekundarne sirovine (npr. u metalurgiji za povrat metala).

📉 Ekološke i ekonomske uštede – manji troškovi kupovine sveže vode, niže takse za ispuštanje, smanjen rizik od kazni.

⚡ Integracija energetske efikasnosti – iskorišćenje otpadne toplote u procesima isparavanja ili kristalizacije koncentrovanih tokova.



ВАТ ТЕХНИКЕ У УПРАВЉАЊУ ОТПАДНИМ
ВОДАМА СРБИЈИ ИНДУСТРИЈИ



🔧 Industrija gvožđa i čelika = visoka potrošnja sirovina, energije i vode

💧 Voda se koristi u: hlađenju, ispiranju, dekapiranju, odmašćivanju, kaljenju itd.

⚠️ Otpadne vode sadrže: teške metale, fenole, cijanide, pol ciklične aromatične ugljovodonike

📄 EU Direktiva o industrijskim emisijama (2010/75/EU) → BREF za crne metale (2023)

✓ BAT ciljevi: smanjenje potrošnje vode, minimizacija emisija, povećanje efikasnosti postrojenja

🌱 Savremeni pristupi: AOPs, membranske tehnologije, adsorpcija, integrisani biološki sistemi

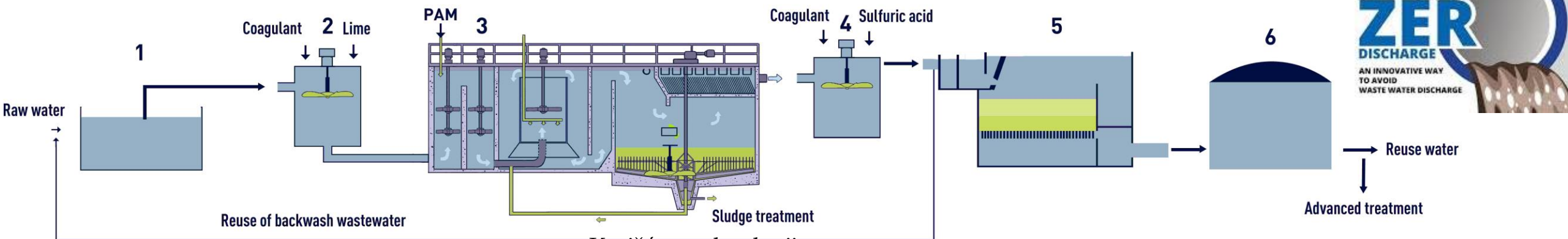
TANGSHAN STEEL (CHINA)

Tangshan Iron & Steel Co., Ltd. (TIS) je železarska kompanija u severnoj Kini koja je pokrenula projekat reciklaže otpadnih voda kao deo napora da reši problem nestašice vode i zaštiti ekološki osetljive oblasti.

Obezbediti održivu proizvodnju u oblastima gde je voda oskudna, uravnotežiti industrijski razvoj sa zaštitom životne sredine. Korišćenje alternativnih izvora vode (reciklirana gradska voda + sopstvene otpadne vode) kao *jedini* izvor za proizvodne potrebe - značajna ušteda sveže vode

Postizanje *nulte* emisije otpadnih voda („Zero Wastewater Discharge“) – to znači da ništa više ne ide u reke/kanalizaciju/ne tretira se kao otpad, već se sve reciklira

Technological process



Korišćene tehnologije:

1. Adjusting tank
2. Coagulation tank
3. Densadeg Clarifier®

4. Coagu-flocculation reaction tank
5. V-type filter®
6. Water recycling tank

Densadeg® D – efikasna sedimentacija: visok stepen taloženja suspendovanih čestica, stabilan kvalitet vode, otporan sistem, mali prostor, greške u protoku i opterećenju su manje kritične.

Aquazur® V-filtration – V-tip filteri sa dobrim učincima pranja nazad (air-water backwash), stabilne i brze filtracije, visok kvalitet izlazne vode, automatsko upravljanje.



Zasnovan na naprednoj tehnologiji Grupe za filtraciju Densadeg® D i Aquazur® V, projekat je u stabilnom radu već 8 godina (od 2017. godine), sa ukupno prečišćenom vodom do 420 miliona m³, uključujući 210 miliona m³ prečišćene vode iz opštine i otpadnih voda iz čeličane, respektivno, što značajno doprinosi reciklaži vodnih resursa za čeličanu Tangšan, pa čak i za grad Tangšan kao odličnu referencu.

Prečišćeno ukupno 420 miliona m³ otpadnih voda, postižući nulto ispuštanje otpadnih voda, efikasno štiteći lokalnu životnu sredinu. Ako se izračuna na osnovu standardnog bazena, otpadne vode mogu da napune 220.000 standardnih bazena.

Tokom godina, projekat je obezbedio stabilno industrijsko snabdevanje vodom od 144.000 m³ za Tangšan svakog dana, što mnogo znači za grad sklon sušama u severnoj Kini. Ako se izračuna na osnovu prosečne potrošnje vode po domaćinstvu od 100 litara dnevno, postrojenje za reciklažu ove veličine može da zadovolji potrošnju vode od 1,44 miliona domaćinstava.



IZAZOVI

● Visoka potrošnja vode – do 20–25 m³ po toni čelika (hlađenje, ispiranje, uklanjanje ljuske).

△□ Zagađenje otpadnih voda – suspendovane materije, ulja, masti, metali (Zn, Cr, Ni).

✦ Visoki troškovi investicija – recirkulacioni sistemi i napredna filtracija koštaju desetina miliona €.

♻️□ Upravljanje muljem i ljuskom – nusproizvodi tretmana vode zahtevaju skladištenje ili preradu.

🔧 Stara postrojenja – nedostatak prostora i ograničene mogućnosti za rekonstrukciju.

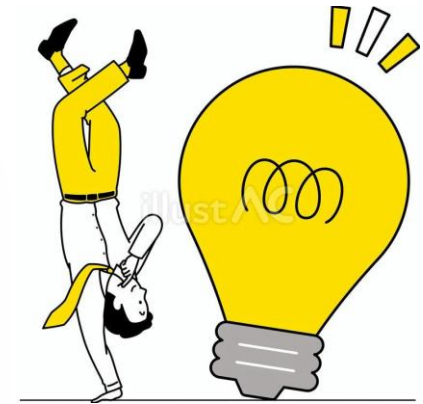
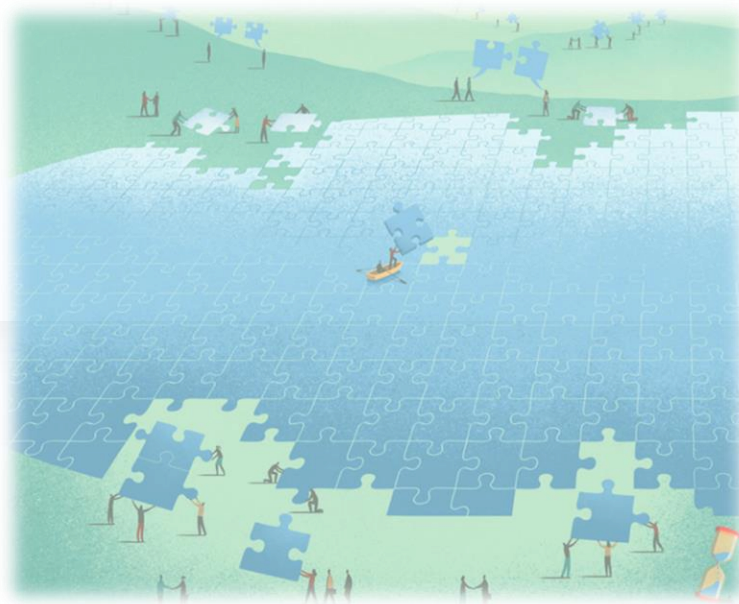
MOGUĆNOSTI

- ✓ **Recirkulacija vode** – zatvoreni sistemi omogućavaju >90% **ponovne upotrebe** (npr. hlađenje).
- 🌱 **Smanjenje uticaja na životnu sredinu** – bolje uklanjanje ulja i teških metala smanjuje pritisak na reke i jezera.
- 💰 **Ekonomske uštede** – manje troškova za kupovinu sveže vode i niže takse za ispuštanje.
- ♻️ **Cirkularna ekonomija** – mulj i oksidna ljuska mogu se koristiti u cementnoj industriji ili kao sirovina u metalurgiji.
- ⚡ **Integracija sa energetsom efikasnošću** – otpadna toplota iz peći može se koristiti za sušenje materijala ili regeneraciju vode.

Voda nije samo resurs, već ogledalo odgovornosti industrije.

Primenom BAT i BREF smernica, svaka kap može postati simbol održivosti i poštovanja prema budućim generacijama.

Hvala na pažnji!



**Promeni
ugao
gledanja!**