

PRIMJENA ACSOL® SUSTAVA PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA NA AGLOMERACIJAMA U SKLOPU EU PROJEKTA KRK

doc. dr. sc. Domagoj Nakić,
mag. ing. aedif.,

WYG savjetovanje d.o.o.,
Ulica Grada Vukovara 269g/IV, Zagreb,
Hrvatska
domagoj.nakic@wyg-c.eu

Dragutin Zagorac, dipl. ing. teh.,

Neo-plast Industry d.o.o.,
Suvoborska 7a, Beograd, Srbija

Josip Jozić, mag. ing. aedif.,

WYG savjetovanje d.o.o.,
Ulica Grada Vukovara 269g/IV, Zagreb,
Hrvatska

mr. sc. Ivica Plišić, dipl. ing. građ.,

Ponikve voda d.o.o.,
Vršanska ulica 14, Krk, Hrvatska

Ana Šuljić Brajčić, mag. ing. aedif.,

Hrvatske vode,
Ulica Đure Šporera 3, Rijeka, Hrvatska

U radu je dan osvrt na EU Projekt prikupljanja, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda otoka Krka, s pregledom obuhvata projekta i angažiranih dionika, trenutnim stanjem radova te dosadašnjim odstupanjima u odnosu na osnovne ugovore. Poseban naglasak je na opisu i primjeni, za hrvatsko područje nove, patentirane ACSOL® tehnologije pročišćavanja otpadnih voda. Dane su komparativne prednosti u odnosu na konvencionalne tehnologije te detaljan opis principa rada centralnog elementa tehnologije – patentiranog taložnika Soliquatora®.

Ključne riječi: EU projekt Krk, otpadne vode, odvodnja, UPOV, ACSOL®

1. UVOD

Projekt „Sustav prikupljanja, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda otoka Krka“ sufinancira se sredstvima EU u okviru Operativnog programa Konkurentnost i kohezija 2014. - 2020. Sukladno Zakonu o uspostavi institucionalnog okvira za provedbu europskih strukturnih i investicijskih fondova u RH u razdoblju 2014. - 2020. (NN br. 92/2014) i Uredbom o tijelima u sustavu upravljanja i kontrole korištenja Europskog socijalnog fonda, Europskog fonda za regionalni razvoj i Kohezijskog fonda, u vezi s ciljem, „Ulaganje za rast i radna mjesta“ (NN br. 107/2014, 23/2015, 15/2017, 18/2017, 46/2021 i 49/2021) određena je struktura sustava upravljanja i kontrole korištenja strukturnih instrumenata:

- Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije – Koordinacijsko tijelo,

- Agencija za reviziju sustava provedbe programa Europske unije (ARPA) – Revizijsko tijelo,
- Ministarstvo financija – Tijelo za ovjeravanje,
- Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije – Upravljačko tijelo,
- Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (ranije Ministarstvo zaštite okoliša i energetike) – Posredničko tijelo razine 1,
- Hrvatske vode – Posredničko tijelo razine 2.

Korisnik projekta je Ponikve voda d.o.o., Krk.

Realizacijom Projekta postići će se sljedeći ciljevi (ArsVivax i ExternusConsulting, 2017):

- Usklađenje s Direktivom o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEC) za 6 aglomeracija na otoku Krku (Omišalj, Malinska-Njivice, Krk, Punat, Baška i Klimno-Šilo) s ciljem

pružanja 100 % -tne usluge prikupljanja i obrade sekundarnih otpadnih voda stalnog stanovništva, industrije, trgovine i turizma.

- Smanjenje izravnog ispuštanja nepročišćenih otpadnih voda u prijemnike (more i tlo) - Prikupljanjem i obradom otpadnih voda smanjit/ izbjeći će se direktno ispuštanje nepročišćenih otpadnih voda u more i tlo i doprinijet će se osiguranju dobrog stanja (podzemnih) voda u skladu s okvirnom direktivom o vodama (2000/60/EC).
- Smanjenjem izravnih ispuštanja u more pridonijet će se osiguranju dobre kakvoće mora za kupanje koje je od značaja za razvoj turizma.
- Osiguranje dobre kvalitete vode u skladu s Direktivom o kakvoći vode za piće (98/83/ EC) - Rekonstrukcija dijela vodoopskrbnog sustava osigurat će poboljšanu opskrbu vodom uz smanjenje vodnih gubitaka i kvarova na mreži i izbjeći pogoršanje kakvoće vode u vodoopskrbnom sustavu.

2. PROJEKT PRIKUPLJANJA, ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA NA PODRUČJU OTOKA KRKA

Na otoku Krku prethodno je bilo izgrađeno oko 112 km kolektora, 26 crpnih stanica i 5 uređaja s mehaničkim predtretmanom. Potreba za povećanim kapacitetom pročišćavanja nastaje najviše zbog turističkih aktivnosti koje se odvijaju tijekom ljetne sezone u kojoj je opterećenje oko pet puta veće od opterećenja u zimskoj sezoni (85.000 ES ljeti naspram 17.600 ES zimi). Ispuštanje povećanih količina otpadnih voda u obalno more može ugroziti kvalitetu vode ukoliko se ne provede tražena razina pročišćavanja. Poboljšanje postojećeg sustava odvodnje otpadnih voda jedinica lokalne samouprave otoka Krka će rezultirati funkcionalnim sustavom i omogućiti troškovno učinkovito pročišćavanje otpadnih voda i povećanje broja stanovnika priključenih na sustav odvodnje. Također će se doprinijeti povećanju standarda kvalitete vode Jadranskog mora i cijelog Mediterana te pozitivno djelovati na izgled obalnog mora. Prema prihvaćenoj studijskoj dokumentaciji, povećanje kvalitete života na otoku Krku planiralo se izvesti kroz nadogradnju 4 i izgradnju 2 nova uređaja za pročišćavanje s II.

stupnjem pročišćavanja ukupnog kapaciteta 85.000 ES, oko 80 kilometara gravitacijskih kolektora i 26 crpnih stanica s tlačnim cjevovodima. Na otoku je prethodno bilo izgrađeno i oko 500 km vodovoda koji je većinom u dobrom stanju. Ovim projektom inicijalno se planirala i rekonstrukcija oko 40 km mjesnih vodovodnih mreža građenih 70-ih godina uslijed velike izgradnje turističkih i stambenih objekata (uglavnom PVC i alkatena) čime će se dodatno smanjiti vodni gubici na vodovodnoj mreži.

Sveukupno je Studijom izvedivosti i Aplikacijom bila predviđena izgradnja 79.564 m gravitacijskih kolektora, 6.348 m tlačnih cjevovoda, 26 crpnih stanica i 7.730 novih priključaka kanalizacijskog sustava, rekonstrukcija 38.702 m vodovodne mreže i sanacija 2.969 m obalnih kanalizacijskih kolektora (ArsVivax i ExternusConsulting, 2017). Ukupna vrijednost projekta definirana Ugovorom o dodjeli bespovratnih sredstava iznosila je 648.312.359 HRK (s PDV-om), uz EU udio u sufinanciranju od 369.138.660 HRK (Ugovor o dodjeli bespovratnih sredstava, 2017). Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja i Hrvatske vode sufinanciraju svaki po trećinu preostalog dijela prihvatljivih troškova (47.258.199,00 HRK). Preostala trećina iznosa sufinancira se sredstvima Ponikve voda te sredstvima projektnih partnera: Grada Krka, Općine Baška, Općine Dobrinj, Općine Punat, Općine Malinska-Dubašnica i Općine Omišalj.

Projekt prikupljanja, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda na području otoka Krka sastoji se od više aktivnosti:

- Izgradnja sustava kanalizacije uz paralelnu rekonstrukciju vodoopskrbnog sustava,
- Projektiranje i izgradnja 2 nova te dogradnja 4 uređaja za pročišćavanje otpadnih voda i postrojenja za kompostiranje otpadnog mulja,
- Nadzor nad izvođenjem radova za sve ugovore o radovima,
- Upravljanje projektom,
- Nabava opreme za razvoj sustava prikupljanja i obrade otpadnih voda,
- Promidžba i vidljivost Projekta,
- Ostale prihvatljive mjere.

Da danas su provedene sve javne nabave te je sklopljeno svih planiranih 12 ugovora na Projektu.

Tablica 1: Ugovori o radovima na EU projektu Krk

Ugovor	Opis	Uvjeti ugovora	Financiranje
Ugovor 1	Rekonstrukcija i izgradnja sustava vodoopskrbe i odvodnje na području otoka Krka	FIDIC crvena knjiga	Kohezijski Fond, Nacionalna sredstva (Sredstva državnog proračuna, ostala javna sredstva - Hrvatske vode, lokalna sredstva)
Ugovor 2	Izgradnja Postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda na području otoka Krka (Grad Krk, općine Omišalj, Punat, Baška, Malinska, Dobrinj) i postrojenja za kompostiranje mulja iz svih 6 postrojenja – Kompostana Treskavac	FIDIC žuta knjiga	

*Crvena FIDIC knjiga (radovi prema projektu naručitelja) - engl. *Conditions of Contract for Construction* i Žuta FIDIC knjiga (projektiranje, izgradnja i oprema) - engl. *Plant and Design-Build Contract*

Najvažniji dio Projekta čine ugovori o radovima koji obuhvaćaju sanaciju sustava vodoopskrbe i izgradnju te rehabilitaciju sustava odvodnje te izgradnju, odnosno dogradnju UPOV-a i postrojenja za kompostiranje mulja, a koji su prikazani u [tablici 1](#).

2.1. Sudionici u gradnji

Provedba ugovora projekata sufinanciranih od strane Europske unije u Republici Hrvatskoj najčešće se odvija po FIDIC općim uvjetima ugovora (set pravila i procedura kojima se definiraju obaveze, prava i odgovornosti sudionika u gradnji (Naručitelj, Izvođač, Inženjer), s ciljem pravedne raspodjele rizika). Naručitelj radova je ugovarajući izvođenje radova s odabranim Izvođačem dužan istovremeno imenovati/ugovoriti Inženjera koji će provoditi administrativnu provedbu i nadzor nad izgradnjom.

Ugovor 1 (prema crvenoj FIDIC knjizi) potpisan je 2017. godine sa Zajednicom ponuditelja: Gorenjska gradbena družba d.d., Kranj, Slovenija i Kolektor CPG d.o.o., Nova Gorica, Slovenija uz ugovornu cijenu od oko 254 milijuna kuna (bez PDV-a).

Ugovor 2 (prema žutoj FIDIC knjizi) potpisan je tek u listopadu 2020. godine, nakon ponovljenog postupka javne nabave, dok je Izvođač uveden u posao u studenom 2020. Posao je dobila Zajednica ponuditelja: NeoplastIndustry d.o.o., Beograd, Srbija, Art-graditeljstvo d.o.o., Zagreb, Hrvatska i OdisFilteringLtd, Petach-Tikva, Izrael, uz ugovornu cijenu radova od oko 184 milijuna kuna.

Nadzor nad provedbom projekta provodi Zajednica ponuditelja: WYG savjetovanje d.o.o., Zagreb, Hrvatska i Institut IGH d.d., Zagreb, Hrvatska, dok je usluge upravljanja projektom pružao Ernst & Young savjetovanje d.o.o., Zagreb, Hrvatska, dok je od ljeta 2021. upravljanje projektom preuzeo sam Naručitelj ustrojstvom unutarnje jedinice.

2.2. Trenutno stanje aktivnosti na ugovorima za radove (07/2021)

Ugovor 1 o radovima (Crvena FIDIC knjiga - izgradnja mreže) službeno je završen u travnju 2021. godine. Do dana završetka ugovora provedeni su svi predviđeni testovi po dovršetku radova te su održani svi tehnički pregledi. Trenutno je u tijeku Razdoblje obavještanja o nedostacima u trajanju od dvije godine, u kojem Izvođač treba otkloniti sve potencijalne nedostatke tijekom garantnog perioda. U konačnici je izgrađeno gotovo 82 km gravitacijskih kolektora s oko 4.750 kućnih priključaka te 23 crpne stanice s oko 6,5 km tlačnih cjevovoda, dograđeno je oko 570 m podmorskih ispusta, rekonstruirano i sanirano oko 10,2 km postojećeg sustava odvodnje, rekonstruirano je i dograđeno gotovo 43 km vodoopskrbne mreže te je izvedeno oko 63,5 km DTK mreže.

Na ugovoru 2 - izgradnja UPOV-a trenutno se dovršava izrada idejnih projekata za ishođenje lokacijskih dozvola. U nastavku je dan osvrt na primjenu nove patentirane ACSOL® tehnologije pročišćavanja otpadnih voda za UPOV-e otoka Krka.

2.3. Planirani UPOV-i na otoku Krku

Predmet Ugovora 2 o radovima je Izgradnja 6 postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda ([tablica 2](#)) te izgradnja zajedničkog postrojenja za kompostiranje dehidriranog mulja sa svih 6 postrojenja u sklopu rekonstrukcije postojeće kompostane biootpada i zelenog otpada Treskavac (Ponikve voda d.o.o., 2019).

Prema zahtjevima Naručitelja, svi UPOV-i moraju imati istovrsnu tehnologiju biološkog pročišćavanja, prvenstveno kako bi se olakšalo upravljanje u fazi eksploatacije. Od Izvođača se zahtjeva i da rekonstruira objekt kompostane na lokaciji Treskavac. Osim toga, radi što većeg stupnja unificiranosti opreme, i na

Tablica 2: Projektirani kapaciteti UPOV-a i obim radova u sklopu Ugovora 2 o radovima

UPOV	Biološko opterećenje (ES)	
	Ljeto	Zima
Nadogradnja na drugi (II) stupanj pročišćavanja		
Omišalj	7.000	2.300
Malinska-Ćuf (Njivice i Malinska)	25.000	4.400
Krk	19.000	4.900
Punat (Kornić i Punat)	12.500	2.900
Izgradnja UPOV-a drugog (II) stupnja pročišćavanja		
Baška	14.000	2.300
Klimno-Šilo	7.500	800
UKUPNO	85.000	17.600

UPOV-ima Baška, Punat i Klimno-Šilo predviđa se na sličan ili isti način riješiti mehanički predtretman otpadne vode (Ponikve voda d.o.o., 2019).

Sav mulj proizveden na svakom UPOV-u mora biti stabiliziran i ugušćen na lokaciji UPOV-a. Na UPOV-ima Malinska-Ćuf, Krk, Punat i Baška predviđen je i uređaj za dehidraciju mulja, dok su ostala dva UPOV-a (Omišalj i Klimno-Šilo) premala pa će se ugušćeni mulj cisternama transportirati do jednog od susjednih UPOV-a. Minimalni sadržaj suhe tvari u mulju nakon ugušćivanja mora biti $\geq 3\%$ ST, a nakon strojne dehidracije mulja mora biti $\geq 23\%$. Dehidrirani mulj će se prevoziti na centralnu lokaciju postrojenja za kompostiranje gdje će se vršiti obrada mulja. U tu svrhu treba izgraditi uređaj za kompostiranje dehidriranog mulja u sklopu rekonstrukcije postojeće kompostane biootpada i zelenog otpada Treskavac.

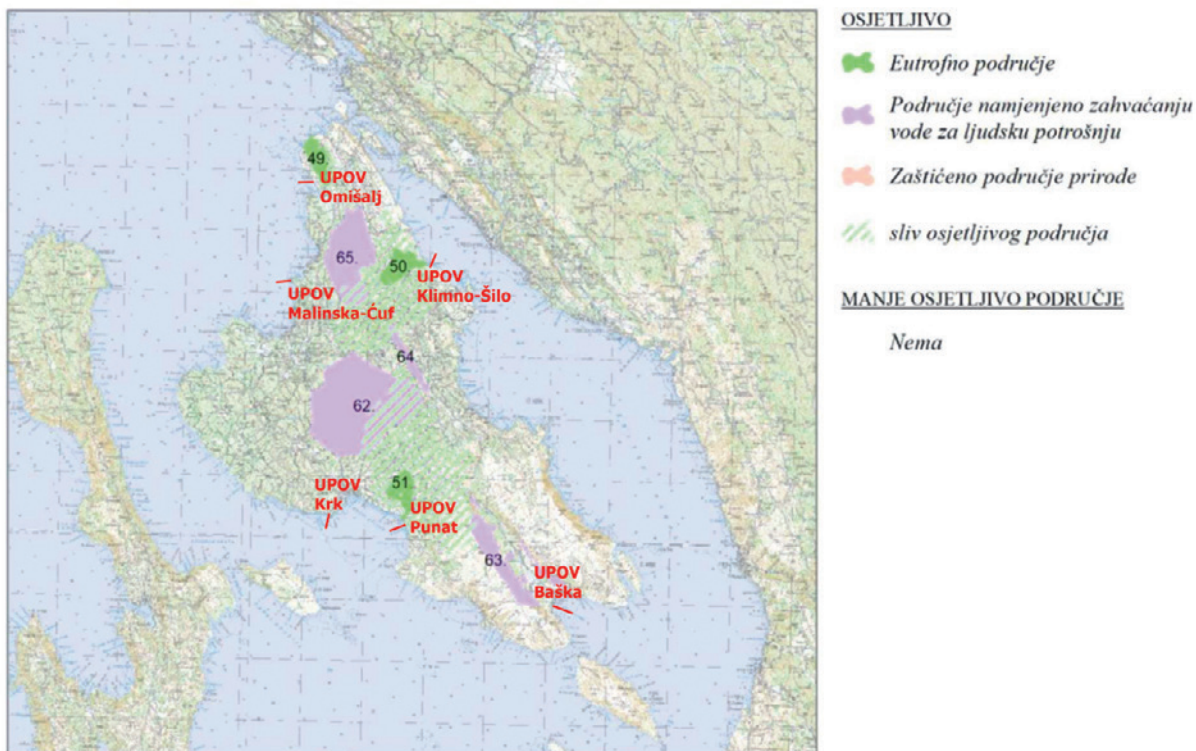
UPOV Krk služiti će kao centralni komandni prostor za upravljanje svih 6 UPOV-a na otoku Krku pa treba tako koncipirati i sustav za nadzor i upravljanje. Obzirom na to, preostali UPOV-i trebaju raditi bez stalne prisutnosti operatera. Za potrebe održavanja i hitnih intervencija, koristit će se „leteće ekipe“, koje će biti smještene na UPOV-u Krk te po potrebi odlaziti na intervencije ili redovite servise na druge UPOV-e. Iz tog razloga, na UPOV-ima bez stalne prisutnosti operatera potreba po funkcionalnim prostorijama smanjena je na minimum, dok su potrebe na UPOV-u Krk po tim prostorijama još toliko veće da se može smjestiti kompletna radna snaga, oprema i alati, koja je potrebna za upravljanje i održavanje svih 6 UPOV-a (Ponikve voda d.o.o., 2019). Efluent iz svih

postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda ispušta se u Jadransko more, putem dugih podzemskih ispusta koji će biti izgrađeni zasebno ili su već izgrađeni. Aglomeracije se nalaze u kategoriji > 2000 ES pa je prema Pravilniku o граниčnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20) na svim UPOV-ima otoka Krka potrebno postići sljedeće parametre efluenta: max 35 mg/l SS (uz min učinak smanjenja od 90 %), max 25 mgO₂/l BPK₅ (20 °C) (uz min učinak smanjenja 70 %) te max 125 mgO₂/l KPK (uz minimalni učinak smanjenja 75 %). Sukladno Odluci o određivanju osjetljivih područja (81/10, 141/15), otpadne vode aglomeracija s područja obuhvata projekta ispuštaju se putem podzemskih ispusta koji završavaju u normalnom području (slika 1).

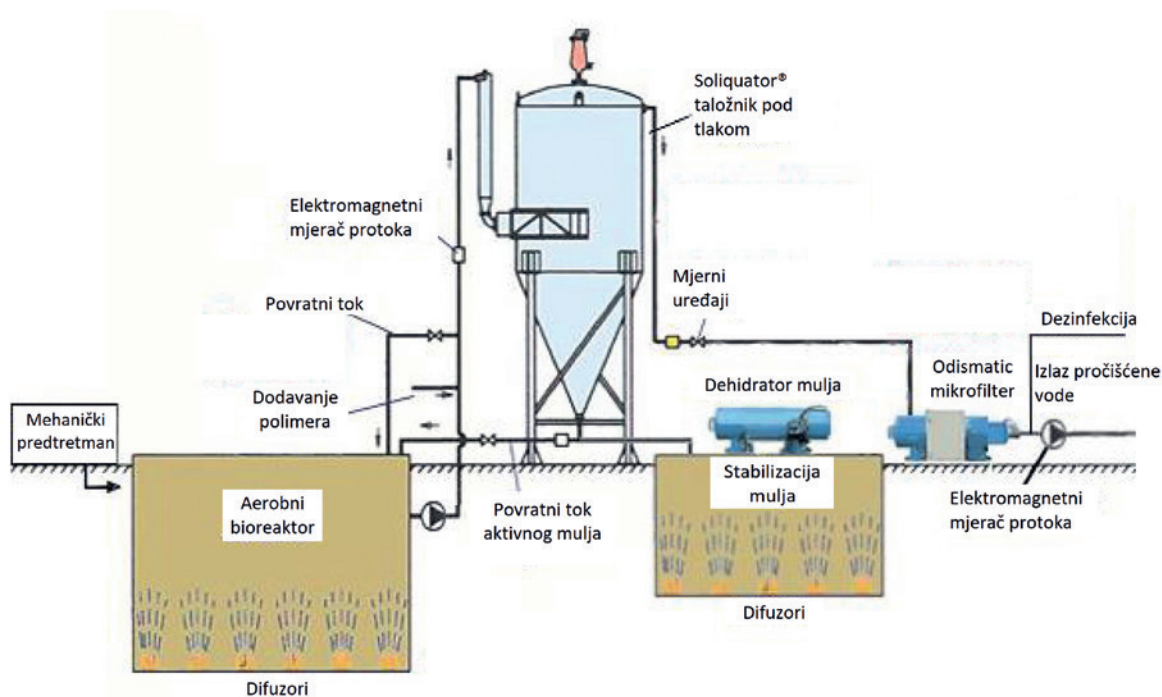
3. PATENTIRANI ACSOL® SUSTAV PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA

3.1. Općenito o tehnologiji

UPOV-i na bazi ACSOL® tehnologije prvenstveno se koriste za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda. Osnovne karakteristike ove tehnologije su racionalizacija operativnih troškova, jednostavnost i pouzdanost u korištenju te prilagodljivost za korištenje u području pročišćavanja komunalnih otpadnih voda. ACSOL® je nastao kao rezultat naprednog rada stručnog tima tvrtke ODISFilteringLtd. iz Izraela (Neo-plast Industry d.o.o. je ekskluzivni zastupnik za područje Balkana), s ciljem da se osigura efikasno i ekonomično rješenje za pročišćavanje otpadnih voda, vodeći pritom računa o aspektima zaštite životne sredine. Tehnologija nudi



Slika 1: Osjetljivost područja otoka Krka prema Odluci o određivanju osjetljivih područja (NN 81/10, 141/15) s označenim lokacijama ispusta planiranih UPOV-a



Slika 2: Shematski prikaz ACSOL® postrojenja (Izvor: ODIS Filtering Ltd.)

inovativna rješenja pročišćavanja, posebno projektirana za specifične potrebe individualnih korisnika. ACSOL® u svojoj osnovi objedinjuje više tehnologija: tehnologiju aktivnog mulja, jedinstvenu Soliquator® tehnologiju za razdvajanje tekuće od krute faze i taloženje, kao i terciarni filtracijski sistem "OdisMatic® screen filter" i dezinfekciju efluenta (ODIS, 2021). Dobar primjer realiziranog projekta s primjenom ove tehnologije je UPOV Grad Pirot-selo Krpac u Srbiji (oko 5.000 ES), koji u korištenju postiže izvanredne rezultate kakvoće efluenta: BPK₅ iznosi svega 3,88 mg/l (propisani zahtjev < 25 mg/l), a koncentracija SS je < 10 mg/l (propisani zahtjev < 35 mg/l) (NeoplastIndustry, 2021).

ACSOL® postrojenje je predviđeno za pročišćavanje otpadne vode s promjenjivom koncentracijom suspendirane tvari (SS), visokom biokemijskom potrošnjom kisika (BPK₅) i značajnom koncentracijom masti i ulja. Visokotehnološka rješenja su korištena u svim dijelovima procesa: biološkom reaktoru, separaciji tekuće od krute faze, filtraciji i dezinfekciji. Sustav je u potpunosti automatiziran i daljinski upravljiv, a monitoring se vrši preko naprednog računalnog sustava s jedinstvenim interaktivnim „user-friendly“ sučeljem (ASCE, 1990; EPA, 1999; ODIS, 2021).

Napredni procesi u sklopu ove tehnologije prvenstveno omogućavaju kontrolu mutnoće nakon završenog procesa taloženja i daju mogućnost da se u slučaju da mutnoća prelazi očekivane vrijednosti voda preusmjeri na početak procesa. Za pospješivanje procesa taloženja, dodatno se koriste koagulanti i flokulanti. U funkciji racionalizacije procesa primjenjuje se i procesno kontrolirana recirkulacija aktivnog mulja. Nadalje, uz minimalna ulaganja moguće je postojeća postrojenja unaprijediti i u postrojenja koja vrše nitrifikaciju i

denitrifikaciju, odnosno u postrojenja višeg – trećeg (III) stupnja pročišćavanja otpadnih voda. Također, koristi se kompaktna i modularna oprema te je za smještaj postrojenja potrebno značajno manje prostora u odnosu na konvencionalne tehnologije (ASCE, 1990; ODIS, 2021).

3.2. Osnovne komponente UPOV-a s primjenom ACSOL® tehnologije

Mehaničku obradu (predtretman) čine gruba i fina rešetka te separator ulja i masti smješteni u strojarski objekt. Biološki tretman aktivnim muljem odvija se u betonskim bazenima, posebno konstruiranim za namjenu stabilizacije otpadne vode i kontroliranog toka kroz aeracijski bazen. U suštini predstavlja fazu u kojoj voda za pročišćavanje dolazi u kontakt s bakterijama u prisustvu kisika, kroz proces aeracije. Odvajanje tekuće od krute faze odvija se u posebno konstruiranom taložniku - Soliquatoru®, jedinstvenom, međunarodno patentiranom elementu za pročišćavanje otpadnih voda. Talozenje se odvija u vertikalnom i u radialnom toku fluida unutar ubranog taložnika pod tlakom. U njemačkoj praksi (GERMAN ATV-DVWK RULES AND STANDARDS - STANDARD ATV-DVWK-A 131E- Dimensioning of Single-Stage Activated Sludge Plants-May 2000) ovakvi taložnici se zovu taložnici s vertikalnim tokom i inverzno konusnim dnom (engl. *vertical flow settling tanks, (inverse cone tanks)*). Efikasnost ovog taložnika veća je od taložnika s lamelama koji se smatraju pretečom modularnih i kompaktnih taložnika. Dok se kod taložnika s lamelama talozenje vrši u uvjetima otvorenog toka, kod Soliquatora® se talozenje vrši pod tlakom. Kemikalije doprinose velikoj efikasnosti procesa taloženja, a cilindrične posude pod tlakom osiguravaju radialno kretanje suspenzije fluida i taloživih čestica, odnosno



Slika 3: Postavljeni Soliquatori® u upotrebi (Izvor: ODIS Filtering Ltd.)

spregnut rad gravitacije i tlaka i veću koncentraciju taloga u konusnom dnu Soliquatora®, tzv. "inverznom konusu". Sadržaj istaloženih tvari iz konusnog dna predstavlja višak aktivnog mulja i on se iz dna taložnika odvodi ili natrag u proces, u bioreaktor, ili u bazen za odlaganje viška mulja. Ovakva jedinica za taloženje, pogodna je za visok protok vode i visoku koncentraciju suspendirane tvari. Taložnik - Soliquator® je jedinstven i međunarodno patentiran uređaj, koji osigurava tri osnovne funkcije: flokulaciju, pročišćavanje i sedimentaciju (Patent broj: 5082560 (SAD); 0389405B1 (Europa); 90-1913 (Južna Amerika)). Soliquator® je u cijelosti zatvoren sustav bez pokretnih komponenti i bez emisije neugodnih mirisa (ODIS, 2021).

Napredan proces kontrole i monitoringa osigurava stalnu kvalitetu filtrata i visoku koncentraciju suhe tvari mulja (minimalno 3 %, a uobičajeno je ≥ 4 %) na izlasku iz jedinice, čak i pri promjenjivim karakteristikama influenta. Sustav za uvođenje zraka sastoji se od puhala i posebnih difuzora, smještenih na dnu aeracijskog bazena, pomoću kojih se zračnim strujanjem razlaže organska tvar. Automatska priprema i dodavanje tekućeg polimera vrši se preko ODIS-ovog uređaja za pripremu polimera, koji je autonomna jedinica, posebno projektirana da osigura kontinuirano pripremanje i ubrizgavanje otopine polimera. Dio aktivnog mulja se iz taložnika Soliquatora® vraća u aeracijske bazene, slično kao i recirkulacija mulja iz naknadnog taložnika kod konvencionalnog postupka s aktivnim muljem (ASCE, 1999; ODIS, 2021).

S obzirom na visoke koncentracije suhe tvari mulja koje se postižu na izlasku iz taložnika Soliquatora®, naknadno zgušnjavanje nije potrebno, već se višak aktivnog mulja direktno odvodi u natkriveni bazen za stabilizaciju. Proces je aerobni, zrak se pihalima preko difuzora smještenih na dnu bazena uvodi u mulj. Dehidracija mulja odvija se u strojarском objektu u okviru postrojenja u kojem su smješteni uređaj za automatsku pripremu polimera, pužna crpka za mulj i uređaj za dehidraciju mulja (ODIS, 2021).

Stručnjaci ODIS-a razvili su i patentirali uređaj za filtriranje pročišćene vode, automatski, samoispirujući filter, OdisMatic® screen filter. OdisMatic® screen filter

pročišćenu vodu iz taložnika filtrira kroz višeslojno "sito" od nehrđajućeg čelika, AISI 316L, promjera pora 100 μ m, s kvalitetom efluenta na izlasku manjim od 1 NTU. Čišćenje filtera se odvija automatski, nakon unaprijed definiranog vremenskog intervala, ili na osnovu razlike u tlakovima na ulazu i izlazu iz filtera. Značajno je napomenuti da se proces filtriranja odvija nesmetano tijekom čišćenja (ODIS, 2021).

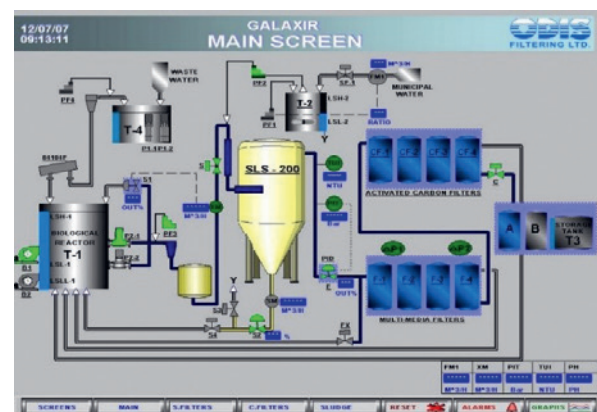
U slučaju da su zahtjevi korisnika visoka kakvoća vode na izlazu iz postrojenja ACSOL® tehnologija, uz neznatne promjene, može ispuniti i ovaj zahtjev opcionalnim tretmanom kemikalijama kroz nekoliko postupaka:

- Koagulacija: Koagulant se u proces pročišćavanja uvodi neposredno prije ulaska otpadne vode u taložnik, nakon završenog procesa biorazgradnje u bioreaktoru.
- Dezinfekcija: Po završetku dodatne faze pročišćavanja, nakon izvršene filtracije, dezinficijens se dodaje kako bi se uništili svi patogeni mikroorganizmi. Za dezinfekciju se uobičajeno koristi otopina hipoklorita. Jedinica za dezinfekciju je također potpuno automatizirana i njen rad se kontrolira preko količine rezidualnog klora u efluentu.

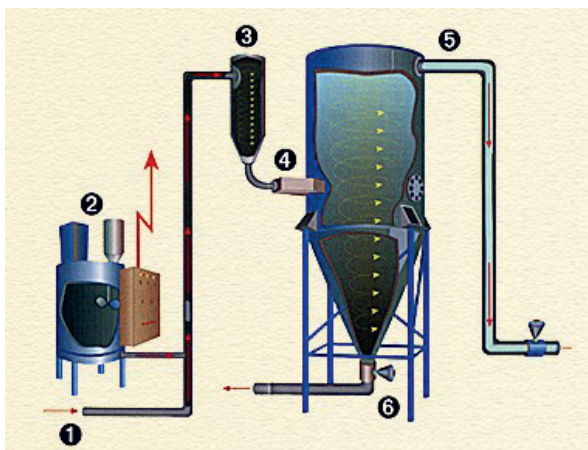
Cijeli sustav je potpuno automatiziran i daljinski upravljiv te se režim rada definira unaprijed, monitoringom preko PLC-a, s jedinstvenim interaktivnim monitorom jednostavnim za korištenje (slika 4).

3.2.1. Princip rada Soliquatora®

Shematski prikaz principa rada prikazan je na slici 5. Otpadna voda iz bioreaktora pumpama se upumpava u jedinicu za taloženje (1). Priprema polimera odvija se u sklopu jedinice za pripremu i doziranje otopine polimera (2), u procesnom rezervoaru gdje se kemikalije otapaju (miješaju s vodom u softverski definiranom odnosu) pomoću elektromehaničke miješalice. Koncentrirani polimer se preko dozirne cijevi dozira u procesni rezervoar pomoću pumpe za doziranje polimera. Pripremljena otopina se prvo prebacuje u operativni rezervoar, odakle se dozirnom pumpom ubrizgava u cjevovod



Slika 4: Primjer izgleda interaktivnog sučelja za nadzor i kontrolu procesa (Izvor: ODIS Filtering Ltd.)



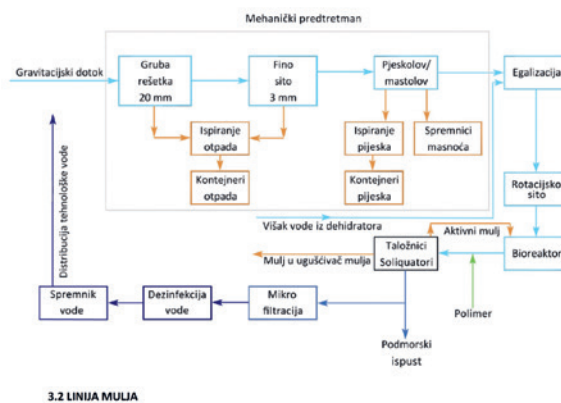
Slika 5: Princip rada dijela UPOV-a sa Soliquatorom® (Izvor: ODIS Filtering Ltd.)

ispred Soliquatora®. Količina otopine polimera koja se dozira određuje PLC na osnovi mjerenja parametara sustava. Dozirna pumpa radi samo kada ima protoka tekućine kroz Soliquator®. Pokazatelji nivoa polimera i pripremljene otopine su instalirani u oba rezervoara kako bi se osiguralo neprekidno doziranje i nesmetani rad sustava. Do potpunog miješanja polimera i otpadne vode dolazi u hidrociklonu (3) na ulazu u Soliquator® (4). U taložniku (Soliquatoru®) se tijekom vrtložnog kretanja tekućine vrši odvajanje taloga (mulja) od pročišćenog dijela vode; mulj se taloži u konusnom dijelu, a pročišćena voda izlazi iz taložnika na vrhu (5) u recipijent. Mulj s dna taložnika (6) se dijelom vraća u bioreaktor, a dijelom prosljeđuje u bazen za ugušćivanje mulja. Elektromagnetni mjerac protoka bilježi količinu mulja i na osnovi unaprijed definiranih parametara preko automatskih ventila regulira se količina mulja za povrat u bioreaktor i ugušćivač mulja (omjer recirkulacije). Mulj na izlazu iz taložnika ima minimalno 3 % suhe tvari (najčešće i iznad 4 % suhe tvari). Protok je stabilan i proporcionalan ulaznom protoku (ODIS, 2021).

3.3. Primjena ACSOL® sustava pročišćavanja otpadnih voda za UPOV-e otoka Krka

Prema zahtjevima Naručitelja, Ponikve voda d.o.o., svi UPOV-i koncipirani su, radi unificiranosti procesa opreme, na istom principu rada (slika 6). Na ulazu na UPOV, otpadna voda prolazi kroz mehanički predtretman, automatsku grubu rešetku i kombinirani uređaj – fino sito s pjeskolovom - mastolovom pri čemu se odstranjuje sav krupni otpad, pijesak i višak masti i ulja. U procesu mehaničkog predtretmana iz otpadne vode se uklanjaju sve nečistoće veće od 3 mm.

Nakon mehaničkog predtretmana otpadna voda ulazi gravitacijski u bazen za egalizaciju, u kojem se vrši ujednačavanje ulaznih parametara kakvoće otpadne vode, prije svega pH vrijednosti, kao i kontrola dotoka. Iz egalizacijskog bazena otpadna voda se pomoću pumpe prebacuje u aerobni biološki bazen. Aeracijski sustav



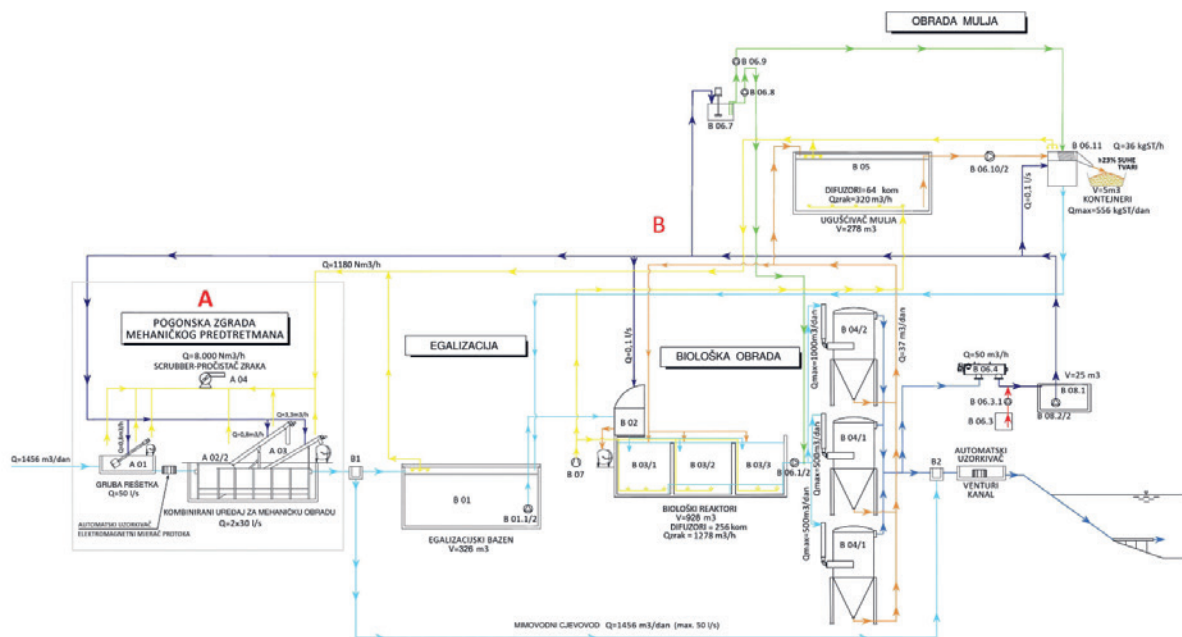
3.2 LINIJA MULJA

Slika 6: Opća tehnološka shema UPOV-a (prema prijedlogu iz Ponudbenog projekta)

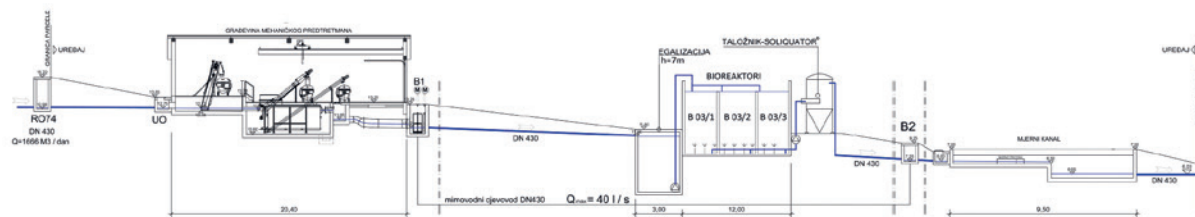
se sastoji od puhala i difuzora u koje se zrak uvodi pod tlakom. Difuzori su postavljeni na dno bazena i pokrivaju cijelu njegovu površinu, ispuštajući fine mjehuriće koji osiguravaju visok sadržaj otopljenog kisika u vodi. Zrak koji prolazi kroz vodu izaziva snažan efekt miješanja otpadne vode s aktivnim muljem iz taložnika i na taj način dovodi do ubrzane razgradnje organske tvari, kao i ubrzanje procesa flokulacije i koagulacije na izlazu iz bioreaktora. Vrijeme zadržavanja otpadne vode u bioreaktoru je oko 16 sati. Na izlazu iz bioreaktora se nalazi "mrtva" zona, dio bez difuzora i aeracije, odakle se biološki obrađena otpadna voda pupama prepumpava u Soliquatore® radi odvajanja pročišćenog efluenta od mulja (NeoplastIndustry i dr., 2019). U tablici 3 dani su ključni tehnološki parametri definirani u sklopu tehničko-tehnološkog proračuna za planirane UPOV-e na otoku Krku (iz Ponudbenog i radne verzije Idejnog projekta).

Uređaj sadrži i automatski uređaj za pripremu kemikalija smješten u zasebni strojarSKI objekt. Polimer u tekućem stanju razrjeđuje se i miješa u stanici za pripremu i ubrizgavanje polimera uz kontinuiranu i automatiziranu pripremu i doziranje otopine. Na slici 7 prikazana je tehnološka shema UPOV-a Omišalj (iz Ponudbenog projekta), a na slici 8 linija vode – UPOV-a Klimno-Šilo (iz Ponudbenog projekta), gdje su vidljivi svi prethodno opisani elementi budućih UPOV-a (NeoplastIndustry i dr., 2019).

Projektirani UPOV-i zadovoljavaju tražene maksimalno dopuštene koncentracije u efluentu: BPK₅ – 25 mg/l, KPK – 125 mg/l i TSS – 35 mg/l, ali je, prema tvrdnjama ponuditelja, u sklopu istog postrojenja, ukoliko se u budućnosti ukaže potreba za postizanjem strožih kriterija izlaznih parametara, moguće postići i manje od 10 mg/l BPK₅, odnosno TSS. Također, ovako koncipirana postrojenja, vrlo jednostavno se mogu prilagoditi i nekim budućim zahtjevima, dodavanjem Soliquatora® u slučaju potrebe za povećanjem kapaciteta, odnosno dodavanjem MMF (Multi-Media Filter) filtera na izlaznom cjevovodu u slučaju potrebe za postizanjem trećeg (III) stupnja pročišćavanja i tražene kakvoće efluenta.



Slika 7: Tehnološka shema UPOV-a Omišalj (iz Ponudbenog projekta)



Slika 8: Linija vode – UPOV Klimno-Šilo (iz Ponudbenog projekta)

Tablica 3: Ključni tehnološki parametri UPOV-a otoka Krka

UPOV	Koncentracija mulja u biološkom reaktoru – MLSS [mg/l]		Starost mulja [dan]	Hidrauličko vrijeme zadržavanja u bioreaktoru [h]		Potreba za kisikom za aeraciju bioreaktora [kg O ₂ /dan]		Odnos povratnog toka mulja [%]	Količina izdvojenog aktivnog mulja [kg/dan]		Količina mulja nakon obrade (23 % suhe tvari) [m ³ /dan]	
	ljetno	zimsko		ljetno	zimsko	ljetno	zimsko		ljetno	zimsko	ljetno	zimsko
Omišalj	5.000	2.500	11	16,00	52,14	931	313	25	450	163	1.96	0.71
Malinska-Ćuf	5.000	2.500	12	16,00	45,12	3.458	622	25	1.567	302	6.81	1.31
Krka	5.000	2.500	11	16,00	48,57	2.526	666	25	1.231	345	5.35	1.50
Punat	5.000	2.500	11	16,00	45,67	1.662	394	25	807	203	3.51	0.88
Baška	5.000	2.500	12	16,00	38,28	1.936	325	25	885	155	3.85	0.67
Klimno-Šilo	5.000	2.500	12	16,00	61,00	1.037	113	25	472	56	2.05	0.24

Na slici 9 dana je vizualizacija UPOV-a Baška iz Ponudbenog projekta (NeoplastIndustry i dr., 2019).

4. ZAKLJUČAK

Patentirana ACSOL® tehnologija pročišćavanja otpadnih voda koja će se primijeniti za nove i nadograđene UPOV-e otoka Krka predstavlja novost na hrvatskom tržištu. Kao njezine osnovne prednosti ističu se visoka učinkovitost pročišćavanja, ekonomičnost i konkurentnost, kako u izgradnji, tako i u fazi korištenja. Također, koristi se kompaktna i modularna oprema te je za smještaj postrojenja potrebno značajno manje prostora u odnosu na konvencionalne tehnologije, a cijeli sustav je potpuno automatiziran i daljinski upravljiv. Osnovni element predstavlja patentirani taložnik Soliquator®, u

cijelosti zatvoren sustav bez pokretnih komponenti i bez emisije neugodnih mirisa, u kojem se taloženje odvija u vertikalnom i u radijalnom toku fluida pod tlakom. ■



Slika 9: Vizualizacija Ponudbenog projekta UPOV-a Baška

LITERATURA

ArsVivax i ExternusConsulting (2017): Studija izvodljivosti – Projekt prikupljanja, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda na području otoka Krk.

ASCE (1990): Water Treatment Plant Design, Second edition, American Society of Civil Engineers, American Water Works Association, 4th Ed., McGraw-Hill.

EPA (1999): Wastewater Technology Fact Sheet – Sequencing Batch Reactors, Washington, D.C.

Neoplast Industry (2021): Water Solutions, dostupno na: <http://www.neoplast.rs/index.html>, posjećeno 20.06.2021.

Neoplast Industry d.o.o., Art-graditeljstvo d.o.o. i Odis Filtering Ltd (2019): Prijedlog projekta gospodarskog subjekta, Zagreb.

ODIS (2021): ODIS – Treating Water for Life, dostupno na: <https://www.odisfiltering.com/>, posjećeno 20.06.2021.

Ponikve voda d.o.o. (2019): Dokumentacija o nabavi – Sustav prikupljanja, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda otoka Krka, Ev.br. nabave: RWV 134/2017, Knjiga 3, Zahtjevi Naručitelja, listopad 2019.

Ugovor o dodjeli bespovratnih sredstava (2017): Projekt prikupljanja, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda na području otoka Krka, Operativni program Konkurentnost i kohezija 2014. – 2020.

IMPLEMENTATION OF THE ACSOL® WASTEWATER TREATMENT SYSTEM IN THE AGGLOMERATIONS WITHIN THE KRK EU PROJECT

Abstract. The paper provides an overview of the EU Project of wastewater collection, sewerage and treatment of the island of Krk, including a presentation of the project's scope and involved stakeholders, current status of works and to-date deviations from the host contracts. A special emphasis is given to the description and implementation of the patented ACSOL® wastewater treatment technology, which is a new technology in Croatia, and its comparative advantages over conventional technologies. A detailed description of the operating principle of the technology's central element, the patented Soliquator® settling unit, is also provided.

Key words: EU project Krk; wastewater, sewerage, WWTP, ACSOL®

ANWENDUNG VOM SYSTEM ACSOL® ZUR AUFBEREITUNG VON ABWÄSSERN AN AGGLOMERATIONEN IM RAHMEN DES EU-PROJEKTES KRK

Zusammenfassung. Dieser Beitrag beinhaltet eine Bestandaufnahme des EU-Projektes zur Sammlung, Ableitung und Aufbereitung von Abwässern auf der Insel Krk einschließlich der Projektbeschreibung und Projektteilnehmerangaben, des aktuellen Standes der Projektaktivitäten und der bisherigen Abweichungen von Hauptverträgen. Besondere Betonung liegt auf der Darstellung und Anwendung der patentierten Technologie zur Aufbereitung von Abwässern ACSOL®, die in Kroatien neu ist. Die komparativen Vorteile in Bezug auf konventionelle Technologien sowie eine detaillierte Beschreibung des Betriebes der Hauptkomponente des Systems, nämlich des patentierten Absetzbeckens Soliquator®, werden dargestellt.

Schlüsselwörter: EU-Projekt Krk; Abwasser, Ableitung, UPOV, ACSOL®