

Изкуствено създадените влажни зони (CW) - алтернативен начин за третиране на отпадъчни водни потоци от агломерации с население под 2 000 еквивалент жители (ЕЖ)

Пламен Мънев

Constructed wetlands (CW) are one of the most promising treatment options for municipal wastewater with respect to the decentralised settlements, especially in rural and suburban areas, because they are low in cost and maintenance requirements with a good performance. They need more land compared to technical intensive treatment but less space than pond systems. Constructed wetlands can be installed as two different technological systems according to its hydraulic regime: the free water surface (FWS) and subsurface-flow constructed wetlands, in which the latter can be further categorized to horizontal and vertical subsurface-flow (HSF and VSF).

Key words: Constructed wetlands, waste water treatment plants, water technology, cleaning systems, horizontal and vertical flow.

ВЪВЕДЕНИЕ

Приемането на страната ни в евросъюза наложи някои промени в областта на управлението на водния сектор. Хармонизираните с националното законодателство европейски директиви⁸ поставят сериозни предизвикателства и в областта на пречистването на отпадъчни води. Голяма част от пречиствателните станции (предимно в големите агломерации) в страната бяха изградени и частично или напълно реконструирани с финансиране по различни европейски програми. Въпреки сериозното строителство на нови и реконструкции на съществуващи ПСОВ все още експлоатационното състояние на канализационните системи и съоръжения не е добро, а в някои райони (малки агломерации с до 2 000 ЕЖ) изобщо липсва. [2]

Цел на настоящата работа е да предложи алтернативен метод за третиране на отпадъчни водни потоци, генерирани от агломерации с малък брой еквивалент жители (под 2 000 ЕЖ), осигуряващ необходимата степен на пречистване по отношение на биогенните елементи в зависимост от категоризацията на водоприемника или последващото използване на водите за напояване и/или други селскостопански нужди.

За изпълнението на така дефинираната цел е необходимо да се изпълнят следните основни задачи:

- запознаване с разходно-ефективни и устойчиви решения за санитария, събиране и пречистване на отпадъчни води от малки агломерации;
- запознаване с устройството и принципа на действие на изкуствено създадените влажни зони;
- запознаване със степента на пречистване на отпадъчните водни потоци, която тези съоръжения осигуряват.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Съгласно законодателството на ниво ЕС въпросите в областта на пречистването на отпадъчни води са регламентирани чрез две директиви - Директива за пречистването на градските отпадъчни води (ДПГОВ) и Рамкова директива за водите (РДВ). Първата от тях задължава страните - членки да отвеждат отпадъчните води и да изградят пречиствателни станции в агломерациите с над 2 000 ЕЖ, а за агломерации между 2 000 и 10 000 ЕЖ да въведат и подходящо третиране на потоците (пречистване в „биологично стъпало“ с отстраняване на

⁸ Директива за пречистването на градските отпадъчни води (Extensive Wastewater Treatment Processes); Рамкова директива за водите 2000/60/ЕО (Water Framework Directive) и дъщерните ѝ директиви.

хранителния за микроорганизмите субстрат). Тези изисквания са в сила и за агломерациите с по-малко от 2 000 ЕЖ, които имат изградена канализационна мрежа. За същия тип агломерации, които нямат изградена канализационна мрежа няма предвидени конкретни изисквания (по официални данни около 1,8 милиона души в България живеят в такива населени места). [1]

Тъй като не попадат в обхвата на директивата, населените места от този тип не могат да кандидатстват за финансиране от ЕС по проекти за изграждане на канализационни системи и/или системи за пречистване на отпадъчните води. Същевременно водоснабдяването на тези селища е решено чрез използване на месни (локални) водоизточници. В голям процент от случаите тези водоизточници са замърсени в резултат от зауствания, от инфилтриране в следствие на различни селскостопански мероприятия и от липса на санитарно - охранителни зони около водовземанията. Това води до реална опасност за здравния статус на различните целеви групи - потребители на тези води.

В редица страни в централна и източна Европа съществуват аналогични проблеми, тъй като колкото по-малко е дадено населено място, толкова по-високи са разходите по проектиране, изграждане, експлоатация и поддръжка на централизирани канализационни и пречиствателни системи. В някои от по-старите страни - членки на ЕС (Германия) съществуват централизирани канализационни системи в малки населени места, които са преоразмерени, енергийно неефективни и икономически нецелесъобразни.

Последните тенденции в сектора (Най-добри налични техники⁹) на пречистване на отпадъчни води от малки населени места и/или самостоятелни къщи налагат използване на децентрализирани и нискотехнологични системи, тъй като те са значително по-гъвкави, устойчиви и икономически ефективни. Към тях спадат и т.н. природни системи за пречистване, включващи изкуствено създадените влажни зони (CW), пясъчно - почвени тръстикови филтри, макрофитни филтри, лагуни и системи за напояване с отпадъчна вода.

Към настоящия момент най-широко разпространените в практиката техники за пречистване на отпадъчни водни потоци са базирани на интензивни биологични процеси, протичащи в градските пречиствателни станции. Подходящи са за големи агломерации, тъй като в зависимост от компановката си осигуряват много добро съотношение между цена и степен на пречистване на водите. Този тип системи обаче не са подходящи за малки водни количества, генерирани от агломерации с под 2 000 ЕЖ.

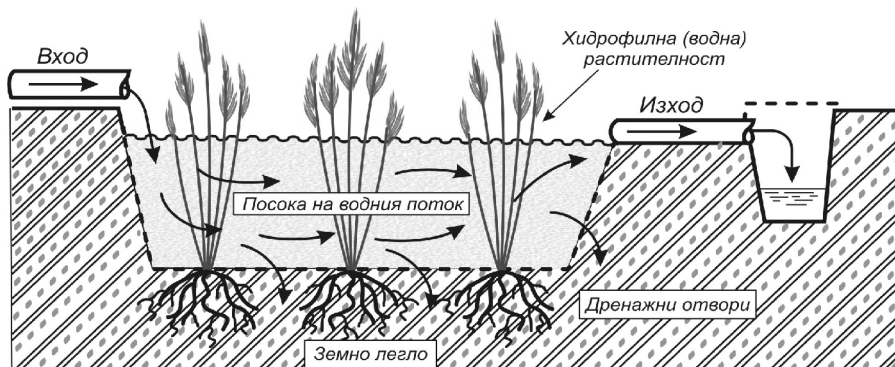
В съответствие с Най-добрите налични техники е препоръчително да се използват някои от гореописаните системи за пречистване. Част от предимствата им са следните:

- проста конструкция, лесен начин на управление и поддържане;
- ниски експлоатационни разходи (нисък разход на електроенергия);
- висока степен на вариативност по отношение на протичането на потока;
- висока стабилност на пречиствателните процеси и естетичен вид.

Изкуствено създадените влажни зони могат да бъдат проектирани като основни съоръжения за пречистване на т.н. сиви води, но работят добре и когато пред тях в технологичната схема на пречистване са предвидени и съоръжения за предварителна обработка. В случаите, когато се предвижда по-висока степен на пречистване с цел повторно използване на водите, в технологичната схема могат да се включат и съоръжения за допречистване. Изградени са от непропусклив слой клей, глина) или от непропусклива геотекстилна тъкан (мембрана). Конструкцията е така проектирана, че да дава възможност за контрол на посоката и скоростта на

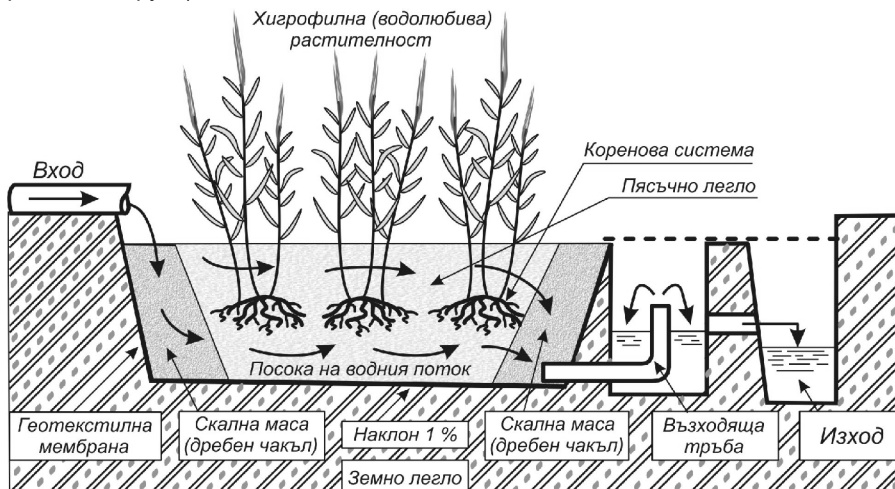
⁹ Best Available Techniques (BAT), Code of practice, Wastewater treatment and disposal systems serving single houses, Environmental Protection Agency.

движение на отпадъчния воден поток, времепрестоя и нивото на отпадъчната вода в съоръжението. Изкуствено създадените влажни зони могат да се класифицират на две основни групи: влажни зони в свободно течащи повърхностни води с макрофитна водна растителност (FWS - free-water surface) - фиг. 1, и влажни зони с подповърхностно протичане на отпадъчните води през специални пясъчни или почвени легла, в които е засадена водолюбива растителност (SF - subsurface flow).

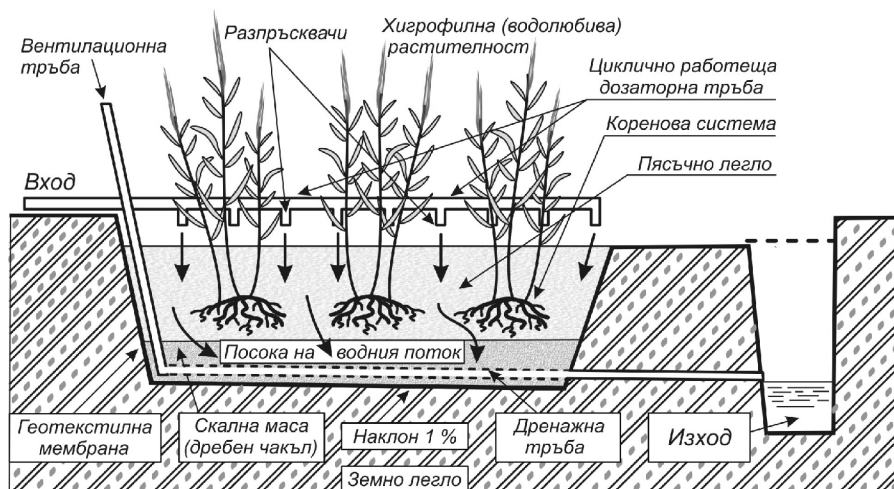


Фиг. 1. Влажна зона в свободно течаща повърхностна вода с макрофитна хидрофилна (водна) растителност

Влажните зони от втората група от своя страна също се подразделят на такива с хоризонтално подповърхностно протичане (HSF - horizontal subsurface flow) - фиг. 2 и с вертикално подповърхностно протичане (VSF - vertical subsurface flow) - фиг. 3. Могат да се срещнат и под наименованието „тръстикови легла“ или „тръстикови филтри“ (съществуват и хибридни системи, съчетаващи предимствата на двете гореописани групи).



Фиг. 2. Влажна зона с подповърхностно хоризонтално протичане на водата през пясъчно или почвено легло, засадено с хидрофилна (водолюбива) растителност



Фиг.3. Влажна зона с подповерхностно вертикално протичане на водата през пясъчно или почвено легло, засадено с хигрофилна (водолюбива) растителност

Изкуствено създадените влажни зони в свободно течащи повърхностни води с макрофитна водна растителност (фиг. 1) най-пълно се доближават до естествените, тъй като приличат на езера с водна растителност, чиито корени и коренища са захванати в почвените слоеве на дъното на водоема. Водният поток протича през листата и стъблата на растенията, а част от водата инфилтрира в почвата. Пречиствателните процеси са максимално близки до самопречиствателната способност на водата в естествени условия, в следствие на което експлоатационните разходи за съоръженията от този тип са минимални.

В сравнение с тях, влажните зони с подповерхностно протичане на водата през пясъчно или почвено легло (фиг. 1 и 2) са по-ефективни по отношение на пречиствателната си способност на единица площ. Тези системи не предизвикват проблеми, свързани с развитието на комари или други насекоми, каквито могат да възникнат при наличие на повърхностни води. Основните им недостатъци са по-високите капиталови разходи за изграждане и експлоатация и по-ниската екологична стойност.

Влажните зони с подповерхностно хоризонтално или вертикално протичане на водата се различават съществено от естествените влажни зони (няма повърхностно протичане на води). Отпадъчният воден поток се пропуска през пясъчно или почвено тяло, а в някои случаи се използват дребен чакъл и натрошени скали.

При системите с хоризонтално протичане са характерни входящи и изходящи бордове, изработени от чакъл или скални късове, а основното тяло, в което са засадени водолюбивите растения (тръстика, папур, камъш и др.) е разположено между бордовете. За изработването му се препоръчва използване на пясък (или почвени частици) с различен зърнометричен състав с цел по-голяма специфична повърхност и създаване на условия за образуване на биофилм от микроорганизми.

Системата е защитена от инфилтриране чрез слой от глина, клей или геотекстилна мембрана. Протичането на водата се осигурява чрез наклон на дъното от 1 %, а водата напуска съоръжението през регулируема възходяща тръба, след което е възможна и допълнителна обработка.

При вертикалните системи има разпределителна циклично работеща тръба (препоръчват се от 16 до 24 зареждания дневно) с разпръсквачи, която осигурява

равномерно натоварване на системата. Препоръчва се скоростта на входящия поток да превишава скоростта на инфилтрация на водата в пясъчното легло с цел подобро натоварване. Основното пясъчно или почвено тяло е разположено над слой от натрошени скали или чакъл. Препоръчителното изискване за зърнометричния състав на пясъчните или почвени частици е аналогично на това при влажните зони с подповерхностно хоризонтално протичане.

В долната част на съоръжението е изградена дренажна система за оттичане на водата, която е свързана и с аерационна (вентилационна) тръба. Протичането е осигурено чрез наклон на дъното от 1 %, а срещу инфилтрация на водата се използва глина, клей или непропусклив геотекстилен материал. Когато се използва такъв материал изискванията към него са следните - да е стабилен и инертен по отношение на киселинност и алкалност, да е устойчив на замръзване и UV лъчи, да е здрав (корени, коренища, гризачи и др.), лесно преносим и за препоръчване - да подлежи на рециклиране.

Съществува голямо разнообразие по отношение на конструктивните параметри на изкуствено създадените влажни зони. Габаритните размери са във функция от редица фактори - брой еквивалент жители, за които е предназначено съоръжението, мястото му в технологичната схема на пречистване (когато са предвидени и предварително и/или допълнително пречистване) избрания режим на протичане и характера на водите, които подлежат на третиране, преобладаващия растителен вид, с който е засято пясъчното легло, спецификата на мястото, върху което е изградена зоната и др. [3]

Стойностите на хидравличното натоварване също варират в широк диапазон в зависимост от избраната конструкция на влажната зона и режима на протичане на водата в нея, зърнометричния състав и ширина/височина на различните фракции (скали чакъл, пясък), часовите, денонощните и сезонните колебания, климатичните особености на съответната географска област и т.н.

Органичното натоварване на влажните зони зависи от количеството и показателите на водния поток, начина на разпределението му по площта на зоната, а така също и от вида и фазата на развитие на избрания растителен вид (препоръчва се ежегодно окосяване на зелената листна маса с цел поддържане на растенията в началните фази на жизнения им цикъл).

Дълбочината на съоръженията се определя от избрания режим на протичане на водата и варира от 0,5 - 0,7 m за системите с хоризонтално протичане и 0,8 - 1,2 m за вертикално планираните влажни зони.

Ефектът на пречистване, който изкуствено създадените влажни зони осигуряват, варира в широк диапазон в зависимост от избраната конфигурация на гореописаните им конструктивни параметри. Характерно за всички типове зони е, че осигуряват много висока степен на пречистване по отношение на органичната фракция и суспендираните вещества. Докато в свободно текущи повърхностни води с хидрофилна растителност и във влажните зони с вертикално подповерхностно протичане на водата преобладават аеробните микробиологични деградационни процеси, в зоните с хоризонтално подповерхностно протичане преобладават анокси и анаеробните процеси.

Ефективността на пречистването на водите е аналогична при третирането им съвместно със свободно текущи повърхностни води с хидрофилна растителност и при зоните с хоризонтално подповерхностно протичане, докато при зоните с вертикално подповерхностно протичане е в пряка зависимост от повърхностното хидравлично и органичното натоварвания (с увеличаването им нараства и пречиствателният ефект).

В таблица 1 са представени обобщени данни за ефекта на пречистване на отпадъчните води по отношение на органичната фракция и суспендираните вещества на различните конструкции влажни зони. [6]

Таблица 1*

Пречиствателен ефект, %, на различните типове влажни зони по отношение на органичния субстрат и суспендираните вещества

Тип на влажната зона	Пречиствателен ефект по отношение на показателя БПК ₅ , %				Пречиствателен ефект по отношение на суспендирани вещества, %			
	Конц. на входа, mg/l	Конц. на изхода, mg/l	Хидравлично натоварване, mm/d	Преч. ефект, %	Конц. на входа, mg/l	Конц. на изхода, mg/l	Хидравлично натоварване, mm/d	Преч. ефект, %
В своб. течащи води	161	42	41	74	185	43	48	77
С хориз. подповърх. протичане	170	42	82	75	141	35	97	75
С верт. подповърх. протичане	274	28	118	90	163	18	154	89

* Jan Vymazal, *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment, Water*, ISSN 2073-4441

В таблица 2 са представени обобщени данни за ефекта на пречистване на отпадъчните води по отношение на общ азот и общ фосфор на различните конструкции влажни зони. [6]

Таблица 2**

Пречиствателен ефект, %, на различните типове влажни зони по отношение на показателите общ азот и общ фосфор

Тип на влажната зона	Пречиствателен ефект по отношение на показателя общ азот				Пречиствателен ефект по отношение на показателя общ фосфор, %			
	Конц. на входа, mg/l	Конц. на изхода, mg/l	Хидравлично натоварване, mm/d	Преч. ефект, %	Конц. на входа, mg/l	Конц. на изхода, mg/l	Хидравлично натоварване, mm/d	Преч. ефект, %
В своб. течащи води	7,9	5,1	123	35	84	49,5	89	41
С хориз. подповърх. протичане	9,6	4,8	82	50	63	36	91	43
С верт. подповърх. протичане	10,3	4,5	114	56	73	41	106	43

** Jan Vymazal, *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment, Water*, ISSN 2073-4441

Пречиствателният ефект на изкуствено създадените влажни зони по отношение на показателите общ азот и общ фосфор е сравнително добър. Характерно за влажните зони в свободно течащи води и зоните с подповърхностно вертикално протичане е, че осигуряват много добри условия за аеробни нитрификационни процеси, докато зоните с хоризонтално протичане са по-подходящи да денитрификация.

Съвместната работа на паралелно и/или последователно свързаните по определена технологична схема съоръжения от различен тип осигурява почти пълна степен на пречистване по отношение на азота.

По отношение на отстраняването на фосфора показателите на различните типове влажни зони са сравнително ниски. В резултат на това влажни зони, чиято основна цел е задържане и/или отстраняване на фосфора се изграждат рядко.

Основните конструктивни параметри [4, 5] на влажните зони с подповърхностно протичане на водата са представени в сравнителна таблица 3.

Таблица 3

Конструктивни параметри на влажните зони с подповърхностно протичане на водата

Параметър	Конструктивни параметри на влажните зони в различни държави					
	Германия, DWA 2004, DWA 2006	САЩ, US EPA 2000	Италия, EC Guidelines CEMAGREF	Англия, UK Cooper 1996, 1999	Дания, Brix, Johansen	Чехия, Vymazal
Влажни зони с подповърхностно <i>хоризонтално</i> протичане на водата						
Площ	5 m ² /ЕЖ; минимална площ 20 m ²		5 m ² /ЕЖ при БПК < 300 mg/l; в останалите случаи - 10 m ² /ЕЖ	5 m ² /ЕЖ при вторично и 0,5 - 1 m ² /ЕЖ при третично пречистване	2 m ² /ЕЖ в комбинация с вторично пречистване във влажна зона с верт. протичане и рециркулация	5 m ² /ЕЖ
Хидравлично повърхностно натоварване	40 mm/d			< 50 mm/d при вторично и < 200 mm/d при третично пречистване		
Максимално органично натоварване	БПК 8 g/m ² /d; пресметнато за 40 g БПК ЕЖ/d	БПК 6 g/m ² /d	БПК 11,2 g/m ² /d;			БПК 8 g/m ² /d
Дълбочина на съоръжението	0,5 m	0,6 m	0,6 - 0,7 m	0,6 m	0,6 m	0,6 m
Влажни зони с подповърхностно <i>вертикално</i> протичане на водата						
Площ	4 m ² /ЕЖ; минимална площ 16 m ²	1-2 m ² /ЕЖ за „сиви води“	5 m ² /ЕЖ при БПК < 300 mg/l; в останалите случаи - 10 m ² /ЕЖ	5 m ² /ЕЖ при вторично и 0,5 - 1 m ² /ЕЖ при третично пречистване	2 m ² /ЕЖ	1 m ² /ЕЖ по БПК; 2-5 m ² /ЕЖ по БПК+N
Хидравлично повърхностно натоварване	< 80 mm/d през зимата; 120 mm/d през лятото		30 mm/d	< 50 mm/d при вторично и < 200 mm/d при третично пречистване	30 - 60 mm/d	20 - 80 mm/d лято/зима
Максимално органично натоварване	ХПК 20 g/m ² /d	БПК 20 g/m ² /d			10 - 20 g/m ² /d при max. съдържание на суспендирани частици 100 mg/l	
Дълбочина на съоръжението	0,8 m	1,0 m	0,9 - 1,1 m	0,9 m	0,8 m	1,0 m

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложеният алтернативен метод за третиране на отпадъчни водни потоци чрез използване на изкуствено създадени влажни зони е подходящ за агломерации с малък брой ЕЖ и за самостоятелни къщи. Характеризира се с ниска себестойност,

ниско или никакво електропотребление (при достатъчна денивелация), лесна експлоатация и поддръжка, стабилност на пречиствателните процеси, лесна адаптация към сезонните промени и голяма вариативност при протичането на отпадъчните води.

Степента на пречистване, които съоръженията от този тип осигуряват по отношение на органични замърсявания и отстраняване на неразтворени вещества ги прави подходящи за експлоатация дори и в силно чувствителни зони.

С подходящо предварително третиране или съвместна работа на влажните зони с подповърхностно протичане на водата се постига почти пълно отстраняване на азота и частично отстраняване на фосфора, а при необходимост в технологичната схема на пречистване може да се предвидят и съоръжения за допречистване.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Бодрик, И., П. Ридерстолпе. Устойчиви системи на канализация в Централна и Източна Европа за нуждите на малките и средно големите населени места. Global Water Partnership, ISBN 978-80-969745-8-0; Нитра, 2007;

[2] Венланд, К., А. Алболд. Системи за устойчиво и разходно-ефективно пречистване на отпадъчните води в селски и крайградски райони до 10 000 еквивалент жители (ЕЖ). Ръководство. София, 2010;

[3] Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters, Manual, United States Environmental Protection Agency - Cincinnati, National Risk Management Research Laboratory - Ohio, 2000;

[4] Masi, F. Constructed wetlands for wastewater treatment. Train-the-Trainer Seminar Sustainable concepts towards a zero outflow municipality - Zer0-M, Toscana, 2006;

[5] Wendland C., N. Chiarawatchai. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment, Efficient management of wastewater E-learning course, Hamburg University of Technology, Institute of Wastewater Management, Lesson B4, Germany, 2010;

[6] Vymazal, J., L. Kröpfelová. Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow, Environmental pollution 14, Springer, ISBN 978-1-4020-8579-6, 2008;

За контакти:

Главен асистент инж. Пламен Мънев, Катедра „Екология и опазване на околната среда“, Русенски университет „Ангел Кънчев“, тел.: 082/888 485, e-mail: pmanev@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.