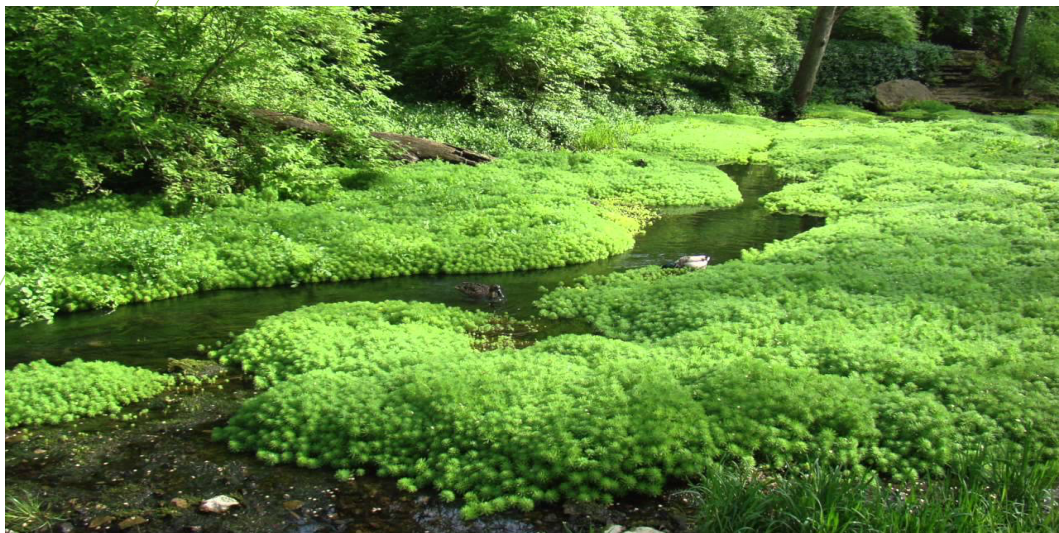




ИДЕЈНО РЕШЕНИЕ

ПЛАН ЗА РЕВИТАЛИЗАЦИЈА НА КРАЈБРЕЖЈЕТО НА ДОЈРАНСКОТО ЕЗЕРО ПРЕКУ УПОТРЕБА НА РЕШЕНИЈА ЗАСНОВАНИ ВРЗ ПРИРОДАТА, ЗАРАДИ ПОДОБРА ЗАШТИТА ОД КОПНЕНО ЗАГАДУВАЊЕ

Љубљана, декември 2021 год.



Име на проект	Подобрување на биодиверзитетот на Дојранското Езеро преку соработка со сите општествени чинители и спроведување на екосистемски практики
Предмет	План за ревитализација на крајбрежјето на Дојранското Езеро преку употреба на решенија засновани врз природата, заради подобра заштита од копнено загадување
Инвеститор	Милиеуконтант Македонија
Договарач	ЛИМНОС ДОО (LIMNOS Ltd.)
Контакт лице	Г-а Аленка Муби Залазник +386 41 845 654, alenka@limnos.si
Лидер на проектот	Урша Бродник
Автори	ЛИМНОС ДОО, Пожарнице 41, 131 Брезовица, Љубљана, Словенија (LIMNOS Ltd., Požarnice 41, 1351 Brezovica pri Ljubljani, Slovenia): Аленка Муби Залазник Лука Дроле Мартин Врховшек Миран Ренчел Урша Бродник
Директор	Марјана Врховшек   Podjetje za aplikativno ekologijo d.o.o. Požarnice 41, 1351 Brezovica pri Ljubljani
Датум	16.12.2021

 LIMNOS d.o.o.
 Company for
 Applied Ecology Ltd.

 Požarnice 41
 1351 Brezovica pri Ljubljani
 info@limnos.si
 www.limnos.si

 Office:
 Podlimbarskega 31
 1000 Ljubljana
 T +386 1 505 74 72

СОДРЖИНА

ИЗВРШНО РЕЗИМЕ	9
1 ИСТОРИЈА	10
2 ОПШТ ОПИС НА ЕЗЕРОТО	11
2.1 Климатски услови	11
3 МОМЕНТАЛНА СОСТОЈБА	13
3.1 Посета на терен	13
3.2 Краток преглед на фауната	27
3.2.1 Фауна на безрбетници	27
3.2.2 Риби	28
3.2.3 Птици	31
3.2.4 Водоземци, влекачи и цицачи	31
3.3 Живеалишта, групи и видови на растенија	32
3.3.1 Фитоценолошки заедници	33
3.3.2 Алги	38
3.4 Моментални проблеми	40
3.4.1 Поплавување	40
3.4.2 Лош квалитет на водата	40
3.4.3 Ерозија	42
4 РЕЗИМЕ НА РЕШЕНИЈА ЗАСНОВАНИ ВРЗ ПРИРОДАТА ЗА ОБНОВА НА ВОДНИТЕ ЕКОСИСТЕМИ И ЗАШТИТА ОД ПОПЛАВИ	43
4.1 Мочуришта	43
4.2 Изградени мочуришта (Constructed wetlands)	44
4.3 Мочуришта произлезени од реки (River diversion wetlands)	45
4.4 Природен крајбрежен нагиб од чакал (Natural sloping gravel shore)	45
4.5 Пловни острови (Floating islands)	46
4.6 Фашины (прагови; Brush mattress)	47
4.7 Вегетативен контурен сид (planted rip-rap)	48
4.8 Терасирање со врби (Willow spiling)	49
4.9 Зелени тампон зони (Green buffer zones)	50
4.10 Ренатурализација на канали	51
4.11 Одржливи системи за дренажа (Sustainable drainage systems)	52
4.12 Одржливи/регенеративни земјоделски практики	55
4.12.1 Без изоривање (редуцирана обработка)	56
4.12.2 Контурно земјоделство	56

4.12.3	Изохипси-----	57
4.12.4	Покривни култури -----	58
5	Идејно решение за предложените решенија засновани врз природата за ревитализација на крајбрежјето -----	59
5.1	Воспоставување на некогаш присутниот трскен појас-----	59
5.2	Фашины (прагови) за спречување крајбрежна ерозија во Калдрма-----	61
5.3	Вегетативен контурен сид како замена за деградираните делови на крајбрежниот сид кај Стар Дојран -----	61
5.4	Повторно воспоставување на крајбрежен нагиб од чакал на јужниот дел од езерото ---	63
5.5	Чистење на двата главни точкести извори на загадување -----	63
5.6	Зелена тампон зона помеѓу земјоделското земјиште и езерото -----	66
5.7	Други решенија -----	66
6	Финансиски проекции за имплементацијата на предложените решенија -----	68
7	Наоди и препораки -----	69
7.1	Одржување-----	69
7.2	Општо -----	70
8	Цртежи -----	71

ЛИСТА НА СЛИКИ

Слика 1: Дојранско Езеро.....	11
Слика 2: Графикон за просечни врнежи дожд и температури за Стар Дојран.....	12
Слика 3: Тековен статус – ФОТОГРАФИИ 1. Трскен појас 2. контурен сид 3. плажа со чакал	14
Слика 4: Езерото кое претекува преку деградираниот сид на јужниот дел од езерото.....	15
Слика 5: Ред мртви, исправени дрвја на најјужната точка	15
Слика 6: Дел од потегот надолни плажи со чакал долг 745 m	16
Слика 7: Фук-так барот на плажа со малиот канал од ерозија	17
Слика 8: Пристаништето на краткиот дел со делумно деградиран сид	17
Слика 9: Краток потег од надолната плажа со чакал без трски.....	18
Слика 10: Деградиран сид	18
Слика 11: Сид и плажа со чакал во центарот на Стар Дојран.....	19
Слика 12: Деградираниот сид на крајот на шеталиштето во Стар Дојран	20
Слика 13: Густите трскени појаси на северниот дел од езерото	21
Слика 14: Бетонски и камени сидови на брегот	21
Слика 15: Пристаништето кое се користи за туризам	22
Слика 16: Сериозна ерозија на брегот кај Калдрма	23
Слика 17: Каналот кој носи вода кон езерото од Богданци.....	24
Слика 18: Поле со зелка	24
Слика 19: Овоштарник со јапонски јаболка	25
Слика 20: Земјоделско земјиште без тампон зона и видливи траги од трактор долж брегот кои предизвикуваат дополнителна ерозија	25
Слика 21: Ѓубре на локацијата на некогашниот камп	26
Слика 22: Тихог машина амфибија	26
Слика 23: Дојранскиот ендемски полжав <i>Graecoanatica macedonica</i>	28
Слика 24: Трски.....	34
Слика 25: ас. <i>Lemno-Spirodelletum polyrhizae</i> В. Кош 1954 субас. <i>salvinetosum natantis</i> В. Кош 1954, в. Николич-Нов Дојран. Купче примероци на <i>Salvina natans</i> е токму лево од средината.	35
Слика 26: ас. <i>Hydrochari-Nymphoidetum peltatae</i> Славнич. 1956 год., с. Николич-Нов Дојран.....	36
Слика 27: Високи стебленца <i>Potamogeton perfoliatus</i> , Стар Дојран.....	37
Слика 28: ас. <i>Potameto-Vallisnerietum</i> Вр. Бл. 1931 год. Стар Дојран	38
Слика 29: Вид на алги <i>Phacus longicaudus</i> ; еден од видовите на алги кои веќе не се присутни во езерото	39
Слика 30: 'Воден цвет', од видовите сино-зелени алги од родот <i>Microcystis</i>	39
Слика 31: Мочуриште.....	43
Слика 32: Подповршинско изградено мочуриште со вертикален тек (Лимнос, 2021 год.)	44
Слика 33: Мочуришта произлезени од реки.....	45
Слика 34: Природен крајбрежен нагиб од чакал.....	46
Слика 35: Компоненти на пловните острови	46
Слика 36: Фашины (прагови).....	48
Слика 37: Контурен сид насаден со живи гранчиња	49
Слика 38: Тераса со врби	50
Слика 39: Зелени тампон зони	51
Слика 40: Ренатуризација на бетонски канал во Сингапур, Паркот Бишан, реката Каланг.....	51
Слика 41: Био-канал	52

Слика 42: Пропустлив тротоар (состав: пропустлив бетонски блок павер, полиња со чакал, филтер од гео-текстил, под-основа агрегат со голема шупливост/слој за складирање, тенсар СС30Г гео-комполит, подповршинска почва)	53
Слика 43: Слив за задржување	53
Слика 44: Резервоар за складирање дождовница	54
Слика 45: Дождовна градина	55
Слика 46: Земјоделство без изорување (оредуцирана бработка)	56
Слика 47: Контурно земјоделство	57
Слика 48: Изохипса	57
Слика 49: Мулчирање	58
Слика 50: Поставување на нови полиња со трски – 25 м подалеку од брегот	59
Слика 51: Можна поставеност на трски поблиску до брегот, со пристаништа низ нив	60
Слика 52: Фашины (прагови) наспроти крајбрежната ерозија во Калдрма	61
Слика 53: Насаден контурен ѕид со живи стракови врба	62
Слика 54: Повторно воспоставување на крајбрежен нагиб од чакал	63
Слика 55: Рампата под која би започнала ренатурализацијата на каналот	64
Слика 56: Ренатурализираниот поток	65
Слика 57: Крајбрежна ерозија предизвикана од тешка земјоделска машинерија	66
Figure 58: Floating algae mats	69

Листа на табели

Табела 1: Просечни временски температури за Стар Дојран.....	12
Табела 2: Литературен преглед на состав на видовите фауна на риби од Дојранското Езеро	29
Табела 3: Листа подводни и мочуришни видови живеалишта и заедници на растенија во Дојранско Езеро.....	32
Табела 4: Максимални дозволени концентрации на вкупен азот и фосфор врз основа на Уредбата за класификација на површинските води на Република Македонија.....	40
Табела 5: Месечни хидраулични оптоварувања за ПСОВ “Топлец” во 2020 год.	41
Табела 6: Проценети трошоци за изградба на предложените решенија	68

ЛИСТА НА СКРАТЕНИЦИ

РзП	Решенија засновани врз природата (Nature-based Solutions)
ОдСД	Одржлив систем за дренажа
ПСОВ	Пречистителна станица за отпадни води

ИЗВРШНО РЕЗИМЕ

Проектот »Подобрување на биодиверзитетот на Дојранското Езеро преку соработка со сите општествени чинители и спроведување на екосистемски практики« е финансиски поддржан од Партнерскиот фонд за заштита на критичните екосистеми (ЦЕПФ). Проектот се фокусира на зајакнување на управувањето на сливот на Дојранското Езеро, како и постигнување на одржливо управување, конзервација и реставрација на езерото преку имплементација на екосистемски практики. Овој дел од проектот се фокусира на ревитализацијата на брегот на Дојранското Езеро преку употребата на решенија засновани врз природата, заради подобра заштита од загадување.

Решенијата засновани врз природата може да се употребуваат за решавање на различни проблеми, вклучувајќи ја заштитата на брегот, загадувањето и превенцијата од ерозија. Решенијата засновани врз природата ја заштитуваат природата, луѓето и инфраструктурата од најразновидни влијанија, истовремено реставрирајќи ги екосистемите и со тоа обезбедувајќи корист за биодиверзитетот.

Решенија засновани врз природата кои се употребени во овој проект се:

- Воспоставување на некогаш присутниот трскен појас на целото крајбрежје.
- Воспоставување на некогаш присутниот крајбрежен нагиб од чакал на јужниот дел од езерото.
- Фашины (прагови; brush mattress).
- Насаден контурен сид (planted rip-rap).
- Пловни острови.
- Ренатурализација на бетонскиот доведен канал.
- Зелена тампон зона.

Проценетите трошоци за изградба на предложените решенија се следните:

РзП	Цена по единица мерка	Единица мерка	Цена
Трскен појас	6 €/m ²	100.000 m ²	600.000 € *
Крајбрежен нагиб од чакал	108 €/m	850 m	91.800€ *
Фашины (прагови)	40 €/m ²	50 m ²	2000 €
Насаден контурен сид	310 €/m	820 m	254.200 € *
Пловни острови	140 €/m ²	8.000 m ²	1.120.000 €
Ренатурализација на бетонски канал	208 €/m	275 m	57.200 € **
Зелена тампон зона	10 €/m ²	1.388 m ²	13.880 € **

* трошоците многу зависат од длабочината на водата

** не е вклучен трошокот за компензација на земјиштето од фармите

За понатамошен развој на планот потребни се повеќе податоци. Од кои најважни се податоци за батиметријата на езерото. Изворот на материи кои влегуваат во водата, а доаѓаат од Богданци преку бетонскиот доведен канал, треба исто така да се истражи.

1 ИСТОРИЈА

Проектот »Подобрување на биодиверзитетот на Дојранското Езеро преку соработка со сите општествени чинители и спроведување на екосистемски практики« е финансиран од Партнерскиот фонд за заштита на критичните екосистеми (ЦЕПФ). Партнерскиот фонд за заштита на критичните екосистеми е заедничка иницијатива на Француската агенција за развој, Меѓународното здружение за конзервација на природата, Европската Унија, Глобалниот еколошки фонд, Владата на Јапонија и Светската Банка. Основна цел на ЦЕПФ е да осигура дека граѓанското општество е вклучено во зачувување на биодиверзитетот.

Проектот се фокусира на постигнувањето на два главни резултати: (1) Зајакнување на управувањето со зоната на сливот на Дојранското Езеро, и (2) Постигнување на одржливо управување, конзервација и реставрација на езерото преку спроведување на екосистемски практики.

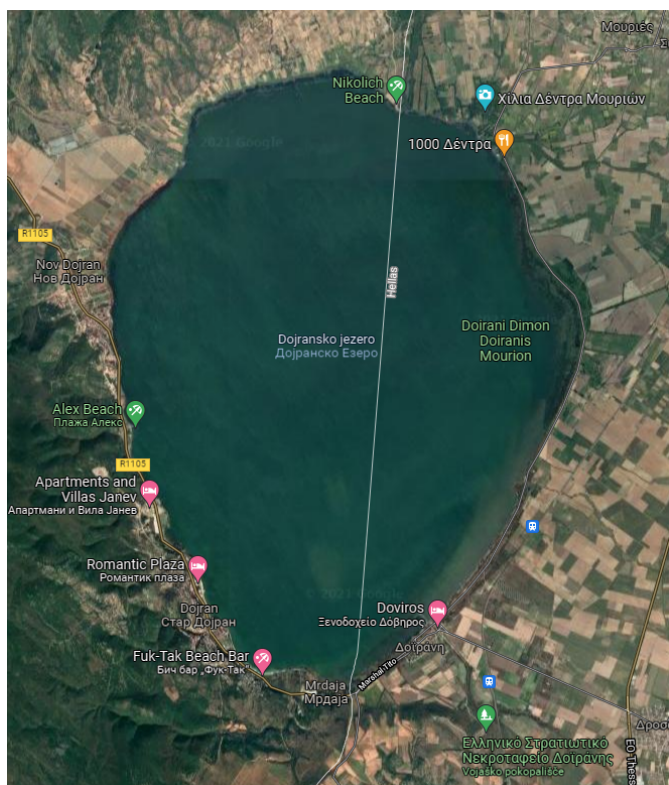
Во рамки на тоа, задачата на проектот е да ја елаборира студијата “План за ревитализација на крајбрежјето на Дојранското Езеро преку употребата на решенија засновани врз природата, заради подобра заштита од копнено загадување”.

Главната цел на оваа студија е да се идентификуваат и предложат соодветни решенија засновани врз природата за ревитализација на крајбрежјето заради митигација на загадувањето и ерозијата, како и за проблемите поврзани со заштита од поплави.

Извештајот ја анализира моменталната состојба (состојбата на крајбрежјето и заканите за екосистемот на езерото, потенцијалот за митигација преку ревитализација на крајбрежјето). Исто така нуди увид во решенијата засновани врз природата за реставрација на акватичните екосистеми и заштита од поплави како и основен технички опис на предложените решенија. Понатаму, инвестициските трошоци се проценети со помош на анализа на трошоците. Студијата завршува со наодите и препораките за управување со езерото.

2 ОПШТ ОПИС НА ЕЗЕРОТО

Дојранското Езеро е меѓугранично езеро (Слика 1) поделено меѓу Република Северна Македонија (27,2 km²) и Грција (15,9 km²). Лежи на 148 m надморско ниво. Грчката страна е дел од НАТУРА 2000 и потпаѓа под “Специјална заштитена област” врз основа на Директивата за птици на ЕУ. Делот на Северна Македонија е исто така заштитена подрачје, заштитено како споменик на природата.



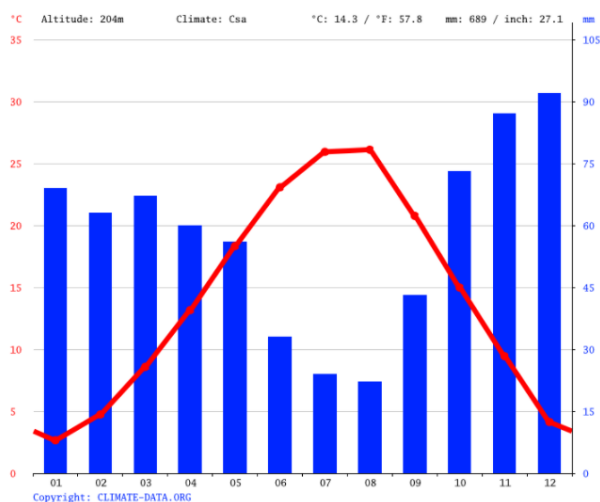
Слика 1: Дојранско Езеро

Дојранското Езеро е плитко еутрофно езеро со максимална длабочина од 10 m (просечна длабочина од 6,7 m). По потекло е тектонско езеро (најмалото тектонско езеро во Република Северна Македонија).

2.1 Климатски услови

Климата околу Дојранското Езеро е умерено медитеранска. Има топли и суви лета и благи зими. Во просек има над 120 дена годишно со температура која надминува 26°C. Месечните просечни врнежи од дожд и температурите се прикажани во графиконот подолу (Слика 2).

¹ <https://www.google.com/maps>



Слика 2: Графикон за просечни врнежи дожд и температури за Стар Дојран² за секој месец.

Годишните врнежи дожд во Стар Дојран изнесуваат 689 mm. Најсувиот месец е август со 22 mm дожд. Највеќе дожд врне во декември, во просек 92 mm. Просечната годишна температура е 14,3°C додека најтоплиот месец е август, со просечна температура од 26,1°C, а најладниот е јануари со просечна температура од 2,7°C (Табела 1).

Табела 1: Просечни временски температури за Стар Дојран³ по месец.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Просечна Т (°C)	2,7	4,7	8,6	13,2	18,3	23,1	25,9	26,1	20,8	15	9,4	4,1
Мин. Т (°C)	-1,3	0,5	3,6	8,2	13,2	17,7	20,3	20,8	16	10,8	5,5	0,5
Макс. Т (°C)	6,8	9,1	13,3	17,8	23	27,9	30,9	31,1	25,5	19,2	13,4	8
Врнежи (mm)	69	63	67	60	56	33	24	22	43	73	87	92
Влажност (%)	75	71	68	65	62	54	46	47	56	68	75	76
Дождовни денови (d)	7	6	7	6	6	4	3	3	4	6	7	8
Просек часови сонце (h)	5,4	5,8	7,5	9,7	11,6	12,8	13	12,1	9,8	6,7	5	5,1

Веgetативниот период во Стар Дојран вообичаено трае 241 дена (7,9 месеци), започнувајќи околу 16-ти март и завршувајќи околу 13-ти ноември. Ретко започнува пред 18-ти февруари или по 8-ми април и ретко завршува пред 23-ти октомври или по 4-ти декември.

² <https://en.climate-data.org/europe/macedonia/star-dojran/star-dojran-286461/>

³ <https://en.climate-data.org/europe/macedonia/star-dojran/star-dojran-286461/>

3 МОМЕНТАЛНА СОСТОЈБА

Од податоците собрани пред посетата на терен беше воспоставено следното.

Зголемениот притисок од антропогеното загадување од копното околу Дојранското Езеро предизвикува намалување на квалитетот на неговата вода, што пак предизвикува голема еутрофикација и претставува закана за биодиверзитетот на езерото.

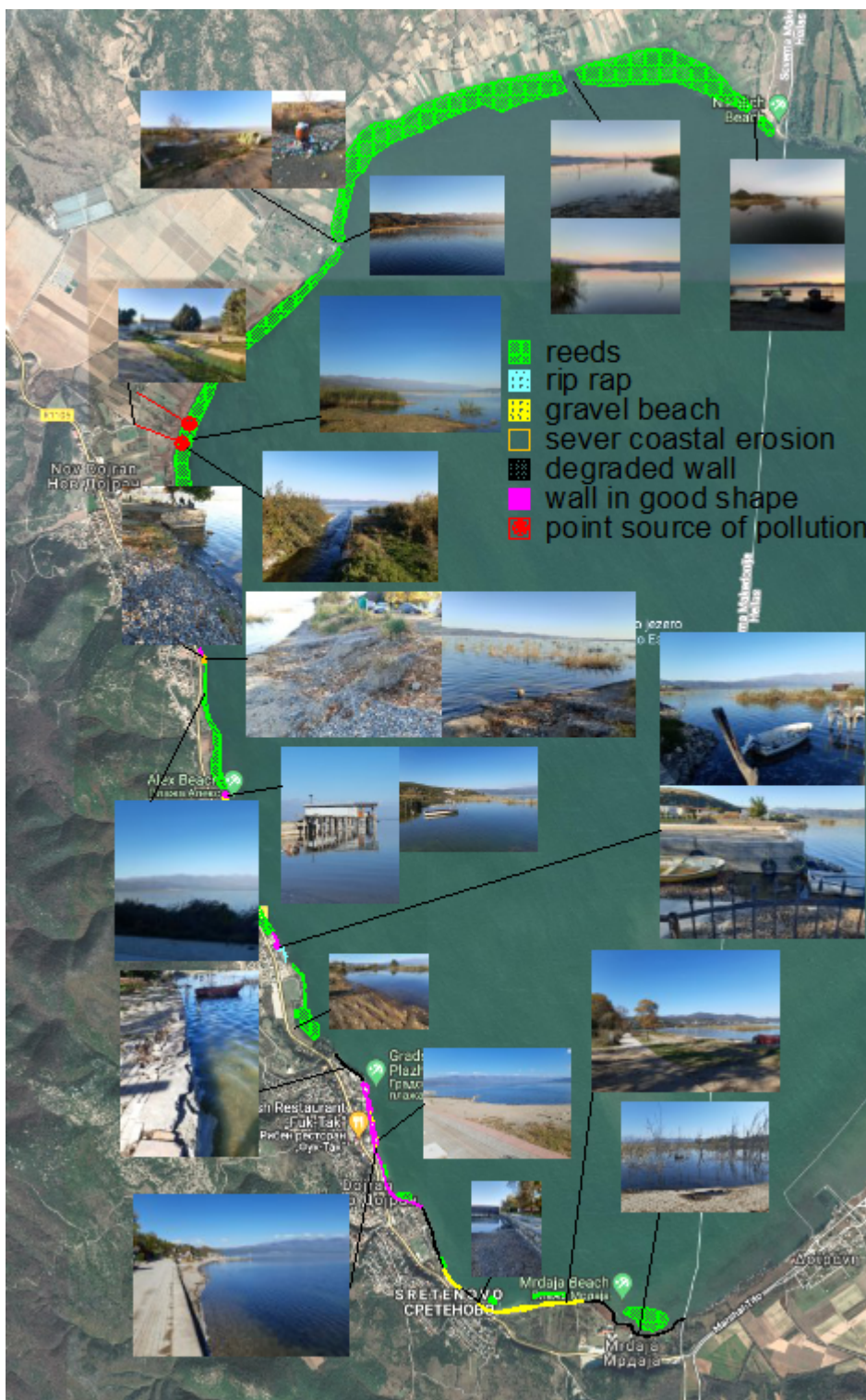
Главните извори на загадување се:

- испуст на недоволно третирана комунална вода од пречистителната станица за отпадни води,
- испуст на нетретирана вода оптоварена со материи од доводниот каналот, со кој се доведуваат дополнителни количини на вода во езерото,
- измешани извори на загадување (земјоделски активности и нетретирана отпадна вода од септички јами во делови од урбаните зони и околните села).

Дополнителни проблеми предизвикува недостигот на тампон зони во крајбрежниот дел, наносите мил заради ерозијата која се случува заради неодржливите земјоделски практики и климатските промени кои предизвикуваат огромни поплави изминативе години чиј резултат се значајни оштетувања на крајбрежјето и крајбрежната инфраструктура.

3.1 Посета на терен

Теренска посета беше организирана во последната недела од октомври 2021 год., со цел подобро да се разбере моменталната состојба и проблематичните аспекти кои ги предизвикуваат проблемите. Тогаш нивото на вода беше 0,5 m над ознаката за висок водостој. Согледаните проблеми беа евидентирани и внесени на мапа (Слика 3, Цртеж 1.0, Цртеж 2.0).



Слика 3: Тековен статус – ФОТОГРАФИИ; 1. Трскен појас 2. Контуриен сид 3. Плажа со чакал 4. Серозна ерозија на брегот 5. Деградиран сид 6. Сид во добра состојба 7. Точкест извор на загадување

Со почеток на јужната граница со Грција, постои потег долг 852 m каде крајбрежјето е формирано од камен сид, кој е сериозно деградиран и езерото претекува кај некои делови (Слика 4).



Слика 4: Езерото кое претекува преку деградираниот сид на јужниот дел од езерото.



Слика 5: Ред мртви и поплавени дрвја на најјужната точка

На најјужната точка има долг ред на мртви поплавени дрвја во водата (заради преполнувањето на езерото што резултираше со повисоко ниво на вода – присутно пред сериозното намалување на нивото одамна). По овој ред дрвја следи долг ред со трска. Долж поголемиот дел има помали појаси на трска која расте (Слика 5).

По оваа површина следи приближно 745 m долга површина на надолни плажи со чакал. Во оваа област трската е исто така присутна во помали, ретки-присутни појаси, со неколку мртви поплавени дрвја помеѓу (Слика 6).



Слика 6: Дел од потегот надолни плажи со чакал долг 745 m.

Постои исто така управувана плажа (Фук-Так барот на плажа) на овој потег. На неа има мал канал направен со ерозија од истекување на дождовница (Слика 7).



Слика 7: Фук-Так барот на плажа со малиот канал од ерозија.

Потегот на надолната плажа со чакал го следи краток, делумно деградиран ѕид во чија средина има пристаниште (Слика 8).



Слика 8: Пристаништето на краткиот дел со делумно деградиран ѕид.

После овој дел следи уште еден краток потег на надолна плажа со чакал. Нема трскен појас во оваа област (Слика 9).



Слика 9: Краток потег од надолната плажа со чакал без трски

По неа има потег долг 373 m со деградиран сид. На неговиот почеток има ред трски (Слика 10).



Слика 10: Деградиран сид

Потоа следи долг потег (1105 m) во центарот на Стар Дојран, каде брегот највеќе се состои од сид кој е во добра состојба во поголемиот дел. Тука има 3 плажи со чакал (Слика 11), барови, ресторани и хотели кои се блиску до брегот. Има 2 помали појаси на трска низ целиот потег. Ова е последниот дел од шеталиштето кое се простира дури од Стар Дојран до северната граница со Грција, кое е се' уште во добра состојба. Другите делови се деградирани или отстранети во минатото.



Слика 11: Сид и плажа со чакал во центарот на Стар Дојран.

На крајот на овој потег има пократок дел каде сидот повторно е лошо попуштен (Слика 12).



Слика 12: Деградираниот ѕид на крајот на шеталиштето во Стар Дојран

По овој дел следи повеќе каллив брег со трскени појаси до крајот на македонскиот дел од брегот на езерото. Трскените појаси се најгусти на северниот дел од езерото (Слика 13), но дури и овде, има проретчени појаси и севкупната конфигурација на трските е ретка.



Слика 13: Густы трскени појаси на северниот дел од езерото.

Постојат и неколку места од брег со бетонски/камен сид (Слика 14), контурен сид и плажа со чакал.



Слика 14: Бетонски и камени сидови на брегот.

Има и неколку структури во вид на пристаништа расфрлани долж потегот, кои се користат највеќе за рибарење и врзување чамци. Исто така една од овие структури се користи за туризам на плажата Алекс (Слика 15) и една која се користи за капење на плажата Николич. Вообичаена пракса е столбовите на пристаништата да се премачкуваат со катран за да потраат подолго. Ова му штети на езерото, бидејќи катранот е токсичен за подводниот живот, ја оштетува деоксирибонуклеинската киселина (ДНК) и го спречува обновувањето на ДНК на организмите.



Слика 15: Пристаништето кое се користи за туризам.

На овој потег има и дел каде крајбрежјето е сериозно оштетено од ерозија, кое е се наоѓа на плажата со чакал кај местото Калдрма (Слика 16).



Слика 16: Голема ерозија на брегот кај Калдрма.

Блиску до Нов Дојран се наоѓаат и двата главни точкести извори на загадување. Главните извори на загадување се недоволно пречистената вода од Пречистителната Станица за Отпадни Води (ПСОВ) „Топлец“ и доводниот (бетонски) канал кој го снабдува езерото со дополнителна вода (кој се употребувал за решавање на кризата со ниското ниво на вода во минатото). Оваа дополнителна вода моментално се испумпува од 5 бунари (претходно биле 10, но 5 не се функционални) блиску до гратчето Богданци. Водата од бунарите оди веднаш во цевка, која ја спроведува се до малата хидроцентрала во Нов Дојран, од која пак истекува во бетонскиот канал, на околу 400 m пред да стигне до езерото (Слика 17). Доводниот канал освен што носи вишок хранливи материи во езерото, исто така предизвикува поплавување на езерото. Тогаш кога бил поставен овој канал за да се коригира проблемот со ниското ниво на вода, дел од решението бил и одливен канал на грчката страна на езерото, за да се отстранува вишокот на вода, но ова сеуште не функционира.



Слика 17: Доводниот каналот кој носи вода во езерото од Богданци.

Во делот од Нов Дојран па се до северната граница со Грција подрачјето е главно земјоделско (Слика 18, Слика 19). Помали земјоделски парцели исто така има и помеѓу Стар Дојран и Нов Дојран. Сите овие површини претставуваат дифузни извори на загадување на Дојранското Езеро.



Слика 18: Земјоделско поле со зелка.



Слика 19: Овоштарник со јапонски јаболка.

Во некои случаи, земјоделското земјиште доаѓа до самото езеро без тампон зона, предизвикувајќи ерозија и истекување на хранливи материи (Слика 20).



Слика 20: Земјоделско земјиште без тампон зона и видливи траги од трактор долж брегот кои предизвикуваат дополнителна ерозија.

Уште еден проблем присутен во оваа област е ѓубрето во зоната каде што постоел камп (Слика 21). Ова ѓубре споро се распаѓа, предизвикувајќи загадување со микропластика и може да истечат потенцијално штетни супстанции во водата.



Слика 21: Губре на локацијата на некогашниот камп

Што се однесува до управувањето со трските и другите подводни растенија општината употребува Трухог машина амфибија (Слика 22). Трухог машината највеќе се употребува за сечење и отстранување на подводните растенија во зоните за капење, но во тек на теренската посета исто така беа забележани и исечени трски. Длабочината на косењето е 0,5 m под нивото на водата. За трските ова е дефинитивно прениско бидејќи нивното сечење под површината на водата ќе ги ослабе или пак може и комплетно да ги уништи со текот на времето⁴.



Слика 22: Трухог машина амфибија

⁴ <https://www.greatlakesphragmites.net/management/techniques/>

3.2 Краток преглед на фауната

Дојранското Езеро е дом на многу разновидни видови на животни. Ова под-поглавје дава преглед на организмите што се моментално или пак некогаш биле присутни во Дојранското Езеро.

3.2.1 Фауна на безрбетници

Дојранското езеро е познато по 135 видови на зоопланктон и 255 акватични макро-безрбетници. Безрбетниците претставуваат важна врска во ланецот на исхрана, поставени помеѓу примарните продуценти и рибите. Квантитативно и квалитативно богатите заедници на безрбетници беа (и се' уште се) еден од клучните фактори за еколошката стабилност на езерото (и покрај високиот статус на хранливи материји) и екстремната продуктивност. Во оваа група постојат голем број на таксони осетливи на промените во подводната средина. Бентичката фауна на Дојранското Езеро е значајно поразлична од таа во минатото. Идентификувана е доминантност на фаунските групи малкучетинести црви или олигохети (Oligochaeta), Chironomidae, школки (Bivalvia) и Chaoboridae, претставувани главно од α -mesosaprobies и polysaprobies, но со силно намалување на нивните популации во споредба со претходните студии. Дојранското Езеро уште го поддржува преживувањето на различната фауна со медитерански, евро-сиберски и северно-европски елементи. Покрај силните притисоци, природните и антропогени влијанија, очигледно е дека дивниот животински свет во екосистемот на езерото може да се приспособи кон изменетите услови, иако заедниците од езерото се повеќе потсеќаат на мочуришна зооценоза.

На пример, неодамна беше евидентирано присуството на претставници на зоопланктонот од родот *Difflugia*, амеба со форма на школка, вообичаен жител на мочуриштата, која има можност за адаптација за да опстои одреден период во анаеробни услови.

Бентичка фауна со особено голем диверзитет се јавува на карпестите површини, кои ретко среќаваат во плиткиот дел од езерото (Стар Дојран, Калдрма) и исто така во убаво развиениот појас макрофитна вегетација, особено блиску Топлец и Николич. Појасот макрофитна вегетација е дополнително богат со паразити и полжави и исто така со ларви и подводни инсекти.

Густи популации од балканската ендемска школка *Dreissena presbensis* се присутни во поплитките и подлабоките делови на езерото, но особено во трскениот појас. Нивните ларви се значаен дел од зоопланктонот.

Значаен дел од фаунските групи на водните безрбетници се релативно добро истражени. Овде се споменати само таксоните со голем диверзитет на видови, односно оние присутни во изобилство или интересни примери.

Porifera во Дојранското Езеро се претставени со 3 видови на слатководни сунѓери од фамилијата Spongillidae. Помеѓу нив, сунѓерот *Eunapius carteri dojranensis* е ендемски подвид кој се наоѓа на карпите од литоралот на Дојранското Езеро.

Фауната на полжави (Gastropoda) содржи вкупно 18 видови. *Graecoanatolica macedonica* (Слика 23) е ендемски, наводно исчезнат, полжав по кој е препознатливо Дојранското Езеро. Празни оклопи, но не и жива популација, се евидентирани во литоралот блиску Стар Дојран и Калдрма (вообичаената локација за тие видови). Постојаните наоѓања на *G. macedonica* во примероци од езерото посочуваат кон претпоставката за постоењето на овој вид во рефугијални делови од езерото, кои овозможуваат преживување на мали, изолирани популации на овој вид.



Слика 23: Дојранскиот ендемски полжав *Graecoanatolica macedonica*

Дојранското Езеро и неговите крајбрежни води се населени со неколку видови од класата Инсекти. Зборувајќи на национално ниво, претставници од редот пролетници (Plecoptera) претставуваат релативно добро проучен ред на инсекти за дојранската долина, кои се застапени со 10 видови во реките кои се влеваат во Дојранското Езеро. Од голема важност за дојранската област е ендемскиот вид *Rhabdiopteryx doiranensis*, досега забележан само во река која се слива во Дојранското Езеро кај локалитетот Ачикот и неодамна, во валандовско поле.

Важна карактеристика на фауната на Дојранско Езеро е прикажана преку претставниците на редот Odonata (вилино коњчиња) - диверзитетот на живеалишта, различни супстрати, добро развиениот појас макрофитна вегетација го поддржуваат преживувањето на 39 видови со јасна предоминантност на рефугијални елементи, кои говорат во корист на староста на фауната во оваа област.

Дојранското Езеро и крајбрежните води се карактеризирани со екстремно голем диверзитет на претставници на редот Diptera (двокрилци). Претставниците на Diptera припаѓаат на 3 фамилии (76 видови), од кои Chironomidae се појавуваат со 73, мушчките Ceratopogonidae со 2 и комарците Culicidae со 1 вид. Квантитативната доминантност на ларвите на Chironomidae и комарците Culicidae (заедно со црвите Oligochaeta), е од особена важност за исхраната на фауната на риби. Редот Diptera е претставен главно преку α -мезосапоби и полисапоби, но со големо намалување во нивните популации. Доколку се земе предвид дека ларвите на *Chaoborus crystallinus* се резиденти на подлабоката зона, пенетрирањето на овие видовите во поплитките делови укажува на силно влошување (состојба со влошен кислород) на нивното претходно живеалиште.

3.2.2 Риби

Во минатото, според вкупниот волумен на улов на риби, Дојранското Езеро беше евидентирано како едно од најпродуктивните езера во Европа, со плодност од 178 кг/ха. Како резултат на тоа, 50% од вкупниот улов на риби во Северна Македонија доаѓа од Дојран. Неодамна количината на улов

⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Graecoanatolica_macedonica

значајно се намали - од еден годишен просек од 529 тони во 1946 година на 323 тони во 1986 година. Понатаму, уловот опаѓа на 193 тони во 1989 год., споредено со само 25 тони во 2002 год.

За време на периодот на мрестење, речиси сите видови риби се повлекуваат кон литоралниот дел богат со трски, подводна вегетација и литоралот покриен со школки. Овој дел од литоралот, освен што е клучна област за мрестење во езерото, преставува и засолниште за млади риби, обезбедувајќи им заштита и храна – што значи дека е природно мрестилиште. Делот на литоралот покриен со подводна вегетација е исто така место каде многу риби интензивно се хранат, како резултат на поголемо присуство на претставниците од фауната на безрбетници. Поради тоа што голем дел од рибите се мрестат и најголемиот извор на исхрана го наоѓаат во крајбрежниот појас, овој дел од езерото е одголема важност за здравјето и продуктивноста на езерото.

Составот на фауната на риби од Дојранското Езеро беше предмет на бројни истражувања во минатото. Табела 2 дава преглед на вкупниот број таксони евидентирани во Дојранското Езеро во минатото

Табела 2: Литературен преглед на состав на видовите фауна на риби од Дојранското Езеро

Номенклатура според Котелат и Фрејхоф (2007)	Краман (1924)	Нуамовски (1989)	Апостолски (1991)	Георгиев (2000)	Георгиевска	Економу et al (2007)	Бобори и Салварина (2010)
Локални видови							
<i>Alburnus macedonicus</i> Караман, 1928 год.	+	+		+	+	+	+
<i>Aspius aspius</i> (Линеус, 1758 год.)						+	
<i>Barbus balcanicus</i> Котлик, Цигенополус, Раб и Береби, 2002 год.	+ *			+ *		+	
<i>Chondrostoma vardarense</i> Караман, 1928 год.						+	
<i>Cobitis vardarensis</i> Караман, 1928 год.	+	+	+			+	
<i>Cyprinus carpio</i> Линеус, 1758 год.	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pachychilon macedonicum</i> (Штајндахнер, 1892 год.)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Perca fluviatilis</i> Линеус, 1758 год.	+	+	+	+	+	+	+
<i>Rhodeus meridionalis</i> Караман, 1924 год.	+	+	+	+	+	+	+
<i>Rutilus rutilus</i> (Линеус, 1858 год.)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sabanejewia balcanica</i> (Караман, 1922 год.)						+ *	
<i>Salaria fluviatilis</i> (Асо, 1801 год.)	+	+	+	+		+	+
<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Линеус, 1758 год.)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Silurus glanis</i> (Линеус, 1758 год.)	+	+	+	+		+	+
<i>Squalius vardarensis</i> Караман 1928 год.	+		+	+ *	+	+	+
<i>Gobio bulgaricus</i> Дренски, 1926 год.	+ *		+	+ *		+	

Номенклатура според Котелат и Фрејхоф (2007)	Краман (1924)	Нуамовски (1989)	Апостолски (1991)	Георгиев (2000)	Георгиевска	Економу et al (2007)	Бобори и Салварина (2010)
<i>Tinca tinca</i> (Линеус, 1758 год.)	+	+	+	+		+	
<i>Anguilla anguilla</i> (Линеус, 1758 год.)	+	+	+	+		+	**
Алохтони видови							
<i>Carassius gibelio</i> (Блох, 1782 год.)		+	+		+	+	+
<i>Gambusia sp.</i>					+	+	
<i>Esox lucius</i> Линеус, 1758 год.						+	
ВКУПЕН БРОЈ	15	13	16	14	10	21	9⁶

* - видови присутни во околните реки, но не и во самото езеро

** - загорезени видови или целосно исчезнати

Она што може да се забележи е дека во текот на сите овие години додека се правеа истражувања на фауната на риби од Дојранско Езеро, бројот на таксони варира. Варијациите во бројот на таксони зависи највеќе од применетата методологија, а *Alburnus macedonicus* (белвица) се смета за ендемски вид од Дојранското Езеро. Покрај релативно големиот број на студии за таксоните на рибите од Дојранското Езеро во минатото, статусот на таксоните на индивидуалните видови на риби останува нејасен.

По интензивното истекување на вода од Дојранското Езеро во 1988 год., доста од литоралната вода беше повлечена, така што областа каде многу видови на риби се размножуваа/растеа и хранеа стана недостапна за рибите. Во следниот период, секако, постепено се створија нови трофични извори.

Во минатото лињакот (*Tinca tinca*) и сребрениот карас (*Carassius gibelio*) ретко се среќаваа во комерцијалниот улов. Сега тие се помеѓу најмногубројните риби, што навестува еколошко пореметување. Двете се познати по нивната толеранција на високи температури и ниска концентрација на кислород. Присуството на споро растечкиот (расте околу три пати поспоро од крапот) и пријателски за водната околина лињак е добредојдено (голем гастрономски квалитет). Но, крапот е инвазивен вид, кој заради неговото однесување (подигање на седиментот, исхрана со макрофити) придонесува многу за влошување на еутрофикацијата.

Четири видови од две фамилии кои не се локални се евидентирани во езерото. Бел толстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix*) и сив толстолобик (*Hypophthalmichthys nobilis*), не се локални видови на риби, кои неколку пати биле уловени од езерото, но во незначителни бројки. Големината на популацијата е ограничена на бројот на порибени риби. Ова се видови кои уште не се размножуваат природно, но би можеле при зголемени температури. Од листата на видови кои не се локални, крапот и гамбузија (како и сребрениот карас) припаѓаат на групата инвазивни видови кои негативно

⁶ Valorisation study of Dojran Lake in preparation (courtesy of Dojran Municipality)

влијаат на локалните видови на риби. Крапот во голема мера предизвикува еутрофикација (подигање на седиментот, исхрана со макрофити). Потребно е дополнително да се следат нивните популации и да се преземат соодветните мерки за да се намали нивниот број.

3.2.3 Птици

Моменталната листа на птици на Дојранското Езеро брои 94-96 видови. Овој број може да се спореди со бројот на видови евидентирани на Преспанското Езеро – 101, и е малку повисок отколку евидентираните број на Охридското Езеро - 88. Бројот на единки кои презимуваат на езерото е значајно понизок отколку бројот на птици кои презимуваат на Охридското Езеро и Преспанското Езеро, односно во просекот околу 5000 единки (700 - 19000) презимуваат во Дојран, наспроти 25000 единки (10000 - 79000) во Охрид и 15000 (5500 - 31500) во Преспанско Езеро.

Промени во статусот на одредени видови на птици на Дојранското Езеро е забележан низ годините. Најзабележливо е исчезнувањето на пеликанот и дивата гуска како птици кои се гнездеа на езерото. Последното забележување на белоглавата патка во Северна Македонија општо може да се најде во литературата. Имало пад и во бројот на одредени видови во зима (на пр. белиот нуркач), но изгледа дека има зголемување на бројот на некои други видови, кои главно се во фокусот на меѓународните напори за заштита - големиот бел пеликан, далматинскиот пеликан и малиот корморан. Намалената длабочина на езерото во текот на еколошката криза изгледа дека им одговараше на неколку видови на птици, кои за гнездење (заради безбедност) преферираат островчиња, кои беа многубројни (направени од мртви школки) во периодот од 1995 - 2002 год. Во овој период, беше забележано гнездење на речната чигра и зголемен број на речна тринга.

Валоризацијата посочува на присуство на три приоритетни меѓународни видови: кадроглав пеликан (*Pelecanus crispus*), белоглава патка (*Oxyura leucocephala*), калуѓерка (*Vanellus vanellus*). Мерките за управување треба да бидат насочени кон промовирање на популациите чиј приоритет се овие три вида, од кои ќе имаат корист многу други видови на птици. Мерките треба да се фокусираат на одржувањето на пошироки трскени појаси, без човечко вознемирување и одржување на јатата риби.

3.2.4 Водоземци, влекачи и цицачи

Од вкупно 14 видови водоземци и 32 видови влекачи евидентирани во Република Северна Македонија, во областа на Дојран се евидентирани 11 видови водоземци (што претставуваат 73% од сите видови амфибии евидентирани на национално ниво) и 25 видови влекачи (што претставуваат 69% од сите видови рептили забележани на национално ниво). Ова говори за постоење на голем видов диверзитет на амфибии и влекачи во областа на Дојран.

Од досега објавената литература може да се каже дека диверзитетот на влекачите во областа на Дојран е богат пред сè заради поволните климатски услови како и географскиот релјеф на зоната и преферираните живеалишта на овие две класи, особено класата влекачи. Присуството на вообичаените медитерански видови во оваа област е условено од пенетрацијата на медитеранската клима од југот, што е директен фактор за богатството на диверзитетот на влекачи. Дојран е потенцијална жешка точка за биодиверзитетот на влекачи, со 25 видови.

Ова води кон заклучокот дека областа на Дојранското Езеро треба да земе предвид за прогласување на важна херпетолошка област (Important Herpetological Area - ИНА) на национално ниво.

3.3 Живеалишта, групи и видови на растенија

Во рамки на Дојранско Езеро препознаваме: мочуришни живеалишта кои имаат специфичен и карактеристичен вид на пејзаж и подводни живеалишта кои се сензитивни области со специфична динамика и варијабилност, а кои вообичаено имаат големо функционално и естетско значење. Во согласност со верзијата EUR28 на Прирачникот за толкување на европските живеалишта (2013), следните живеалишта се идентификувани во рамки на Дојранското Езеро и неговата околина:

Табела 3: Листа подводни и мочуришни видови живеалишта и заедници на растенија во Дојранско Езеро

Директива за живеалишта	EUNIS	Заедници на растенија
3150 - Природни еутрофни езера со типична Magnopotamion или Hydrocharition вегетација	C1.22 Слободна пловечка вегетација во мезотрофни водни тела C1.23 Вкоренета потопена вегетација на мезотрофни водни тела C1.32 слободна пловечка вегетација во еутрофни водни тела, C1.33 Вкоренета потопена вегетација на еутрофни водни тела,	ас. Lemno-Spirodelletum polyrhizae В. Кош 1954 год. субас. salvinetosum natantis В. Кош 1954 год. ас. Hydrochari-Nymphoidetum peltatae Слав. 1956 год. ас. Scirpo-Phragmitetum В. Кош 1926 год. ас. Myriophyllo-Nupharetum ас. Potamo-Najadetum Х-ич et Мицев. 1958 год. ас. Potameto-Vallisnerietum Вр. Бл. 1931 год. субас. potametosum perfoliati Х-ич et Мицев. 1958 год.
6420 - Медитерански високи тревни мочуришта од Molinio-Holoschoenion	D5.221 Заедници со Cyperus longus	ас. Cyperetum longi Мицев. 1957 год.
6540 - Супмедитерански тревни мочуришта со Molinio- Hordeion secalini	E3.3 Супмедитерански мочуришни ливади	ас. Trifolietum nigrescentis-subterranei Мицевски 1957 год.
91F0 - Крајбрежна мешана шума од Quercus robur, Ulmus laevis, Ulmus minor, Fraxinus excelsior или Fraxinus angustifolia долж широки реки (Ulmion minoris)	G1.2232 Грчко-балкански шуми со јасен, даб и ела	ас. Coccifero-Carpinetum orientalis (Oberd. 1948) во Нт. 1954 год.
92A0 - Состоини од Salix alba и Populus alba	G1.315 Источно медитерански состоини од тополи	ас. Salicetum albae Issler 1926 год.

Некои живеалишта и заедници на растенија, особено важни за еколошката рамнотежа на езерото, се опишани.

Живеалиштето вид 3150 од Анекс 1 од Директивата за живеалишта 92/43/ЕЕС покрива езера и мочуришта со преодантно валкана сива до сино-зелена, повеќе или помалку заматена вода, со висока базна средина (рН вообичаено > 7), со заедници на Hydrocharition alliance кои слободно

пливаат на површината или, во длабоката, отворена вода, со заедници на широко потопени растенија (Magnopotamion).

Класификација на живеалишта EUNIS D5.221 Заедници со *Cyperus longus*; PAL. CLASS .: 53.2 Заедници со високи Cyperaceae, (Phragmitetea (Phragmiti-Magnocaricetea): Phragmitetalia: Magnocaricion elatae) -53,221 Заедници со *Cyperus longus*.

Типичното живеалиште 6420 од Анекс 1 од Директивата за живеалишта 92/43/ЕЕС покрива заедници кои се наоѓаат на земја позади трските во влажните падини од минерална почва како и во кисели или алкални мочуришта.

3.3.1 Фитоценолошки заедници

Дојранското Езеро заради неговата локација, конфигурацијата на теренот и климатските карактеристики е акватичен екосистем карактеристичен по бујната и доста интересна вегетација. Според податоците на Мицевски (1963), тогаш, во езерото и во неговите крајбрежни делови вкупно биле евидентирани 7 фитоценози, од кои:

- 5 акватични

ас.1 Lemneto-Spirodeletum polyrrhizae В. Кош 1954 год., субас. Salviniotosum natantis В. Кош 1954 год.;

ас.2 Myriophylleto-Nupharetum В. Кош 1926 год.;

ас. 3Potameto-Najadetum Хорватик и Мицевски 1958 год.;

ас. 4 Potameto- Vallisnerietum Браун-Бланке 1931 год., субас. potametosum perfoliati Хорватик и Мицевски 1958 год.,

ас. 5 Hydrochari-Nymphoidetum peltatae Славник. 1956 год.

- 2 мочуришни заедници

ас. 1 Scirpeto- Phragmitetum В. Кош 1926 год. и

ас. 2 Phragmitetea Е.Тх. et Прајзинг 1942 год.)

3.3.1.1 Мочуришна вегетација

Трскен појас (ас. Scirpetoo-Phragmitetum В. Кош 1926 год.)

Трскениот појас е важна компонента во севкупниот екосистем на езерото и е особено важен за развојот на посебната вегетација долж краевите на трската, како и за рибарењето.

Оваа мочуришна заедница формира појас околу целото езеро. Оптимални услови за ширење беа пронајдени на бреговите на езерото, во живеалишта кои се постојано под вода или периодично се поплавени во текот на годината. Овој појас на некои места пенетрира доста длабоко во езерото (до 3 метри длабочина). Беше прекинат само на оние места на езерото каде се лоцирани плажите, камповите, населбите или пристаништата блиску Стар и Нов Дојран.

Трскениот појас, по речиси 28 години од драстичното намалување на водата во езерото, доста е ревитализиран со присуството на многу карактеристични мочуришни растенија. Од овој вегетациски вид евидентирани се широколистен рогоз (*Typha latifolia*), *Butomus umbellatus* (communis), *Alisma plantago-aquatica*, гагамија (*Lycopus europaeus*), поточњак (*Lythrum salicaria*), *Sparganium neglectum*, ситноцветна врбовица (*Epilobium hrisutum*), *Rumex crispus* и други.

Во минатото, при управување на езеро, вообичаена пракса беше одржливото управување и со трскените полиња. Управувањето со трските значи одржување (косење) на трски по сезоната на размножување на птиците, за да можат да го употребуваат ова важно живеалиште без вознемирување. Трските, т.е. сечењето на трските е со цел да се спречи нивно прераснување. Трските (Слика 24), всушност, служат како важен материјал кој се употребува локално, на пример за изградба на фарми, но и надвор од областа на Дојран, како материјал за изолација. Ова веќе не се практикува и од друга страна, прераснувањето на трските се забележува и придонесува кон полнењето на мочуриштата со кал и кон исчезнувањето на просторите со отворена вода во многу делови од езерото. Овие околности влијаат на природните услови во езерото и неговиот биодиверзитет.



Слика 24: Трски

Појас *Cyperus longus* (ас. *Cyperetum longi* Мицев. 1957 год)

Според податоците на Мицевски (1963 год.) оваа заедница беше споена на трскениот појас, но немаше постојан појас околу него, но се појавуваше во форма на широки оази на живеалишта каде нивото на површинска вода беше доста високо, како и на места кои во текот на зимата и рано во пролетта се под вода. Неговото ширење од година во година е се повеќе ограничено, бидејќи овие мочуришни ливади околу езерото се ораат и се претвораат во обработливо земјиште.

3.3.1.2 Акватична (пловечка и потопена) вегетација

Дојранското Езеро со неговите физичко-географски карактеристики, како плиткост, температура на вода, геоморфологија итн., е акватичен екосистем со оптимални услови за развој на акватична (пловечка и потопена) вегетација. Акватичната вегетација е клучна за одржување на еколошкиот баланс и високата продуктивност на езерото.

Пловечка вегетација

Во делови од езерото, заштитени со крајбрежјето на Дојранско Езеро, позади трскениот појас и дури и во самата ретка трска, во поплатките места долж целата должина на езерото, се развива пловечка вегетација специфична само за таквите заштитени живеалишта.

ас. *Lemno-Spirodelletum polyrhizae* В. Кош 1954 год. субас. *salvinetosum natantis* В. Кош 1954 год. (Слика 25)

Оваа заедница се развива на површината на водата, бидејќи се состои само од пловечки растенија. Најчесто се наоѓа позади трскениот појас или во самиот трскен појас, каде ударот на брановите е поттиснат од трските и ја покрива речиси целата површина на водата. Популацијата на пловечкото растение *Salvina natans*, член на оваа заедница, од бреговите на Дојранското Езеро, помеѓу Стар и Нов Дојран, која беше загрозувана, постепено се ревитализира, така што е евидентирана биолошки витална популација од овие видови на локацијата каде и претходно се развиваше.



Слика 25: ас. *Lemno-Spirodelletum polyrhizae* В. Кош 1954 субас. *salvinetosum natantis* В. Кош 1954, в. Николич-Нов Дојран. Купче примероци на *Salvina natans* е токму лево од средината.

ас. *Hydrochari-Nymphoidetum peltatae* Сливнич. 1956 год. (Слика 26)

Оваа пловечка заедница, како и претходната, е доста распространета во Дојранското Езеро. Се наоѓа во форма на оази или мали појаси, некогаш во фрагментирана состојба, долж бреговите на езерото, позади трскениот појас, каде водата е посмирена и вообичаено брановите не се чувствуваат. Расте во плитка вода, со длабочина од околу 40 см, како и во калливи места, каде водата постепено се повлекува во летните месеци. Од карактеристичните видови од заедницата, присутен е само *Hydrocharis morsus-ranae*.

⁷ photo by R. Ljusterevska, June 22, 2016



Слика 26: ас. *Hydrochari-Nymphoidetum peltatae* Славнич. 1956 год., с. Николич-Нов Дојран

Подводна (потопена) вегетација

Овие заедници се развиваат од крајбрежјето кон внатрешноста на езерото, до 4 м длабочина, често формирајќи огромни подводни ливади. Овие растенија имаат ризоми и се шират по дното на езерата, покривајќи огромни делови и достигнувајќи значајни длабочини. Покрај тоа што се составени само од неколку видови, заедниците кои се дел од овој вегетациски вид се многу важна компонента во екосистемот на езерата. Оваа вегетација е клучен структурен елемент на подводните живеалишта. Нуди сврзно земјиште за перифитонските алги и зооценоза за безрбетниците. Оваа поврзаност е најверојатно најголемата причина за еколошката стабилност и плодност на езерата. Неодамнешната состојба на литоралната зона е карактеризирана со значајно намалување на сите заедници на макрофитна вегетација, што се манифестира не само со намалување на зачестеноста на нивната застапеност, но и со намалување на абундацијата на флорални видови. Најзабележливо е намаленото присуство на богати подводни ливади на *Vallisneria spiralis*, *Ceratophyllum demersum* и друга подводна вегетација која се ширеше долж литоралната зона на езерото.

ас. *Potamo-Najadetum* X-ич et Мицев. 1958 год.

Оваа заедница се развива во најдлабоките делови на езерото, до 4 м длабочина, формирајќи постојан појас паралелен на брегот, од внатрешната страна на трскениот појас, речиси долж целата должина на езерото. Ова е (или беше) овозможено од локалните еколошки услови во езерото, првенствено од доста добра транспарентност. *Potamogeton perfoliatus* (Слика 27) е највообичаен вид, придружен со *Najas marina*, *Potamogeton lucens* и *Potamogeton pectinatus*. Репрезентативни состоини од овие заедници, со типичен флорален состав, се евидентирани блиску селото Николич и Нов Дојран.

⁸ photo by R. Ljusterevska, June 22, 2016



Слика 27: Високи стебленца *Potamogeton perfoliatus*, Стар Дојран

ас. Potameto-Vallisnerietum Br. Бл. 1931 год. субас. potametosum perfoliati X-ич et Мицев. 1958 год.
(Слика 28)

Оваа асоцијација се развива во поплитките крајбрежни делови на Дојранското Езеро, на длабочина од 20-60 цм (каде се појавува во својот целосно флорален состав), и помалку често, на некои места, се развива до 2 метри во длабочина. Заедницата е евидентирана блиску до плажите во Стар и Нов Дојран, како и Мрдаја, а нејзините карактеристични видови се *Vallisneria spirali*, *Myriophyllum spicatum* и *Najas minor*. Но, специјална важност за оваа заедница имаат видовите *Vallisneria spiralis*, кои се развиваат исклучително во неа.

⁹ photo by R. Ljusterevska, June 22, 2016



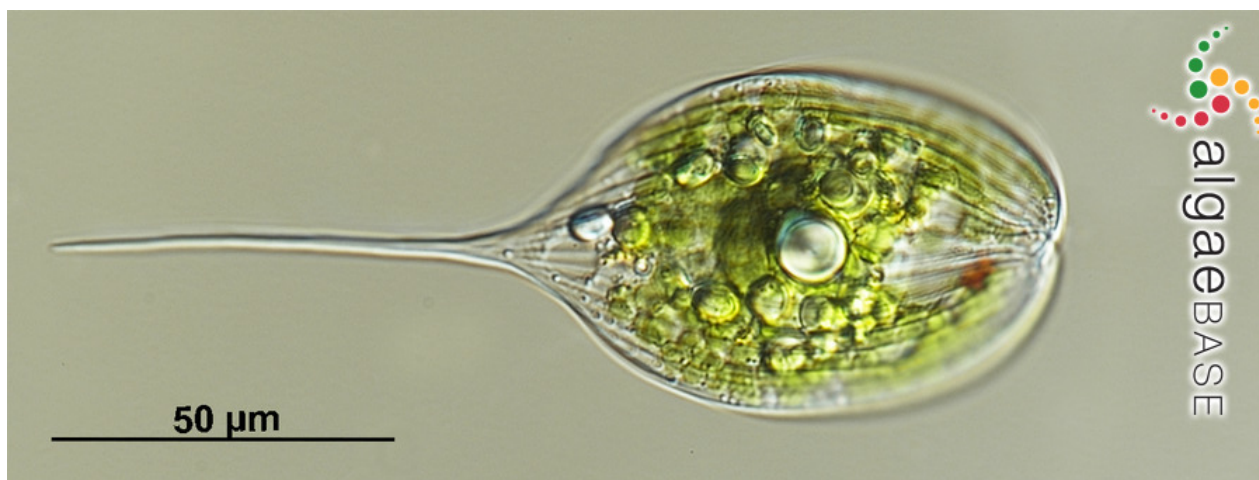
Слика 28: *ac. Potameto-Vallisnerietum* Br. Бл. 1931 год. Стар Дојран

3.3.2 Алги

Богатство од видови: околу 122 таксони на перифитони и фитопланктони од цијанобактерии (Cyanophyta), златни алги (Chrysophyta), огнените алги (Pyrrhophyta), силикатни алги (Bacillariophyta) и зелени алги (Chlorophyta).

Во годините пред еколошката катастрофа Дојранското Езеро беше означувано како стабилен еутрофен систем со висока продукција на биомаса и потврдена доминантност на дијатомеи, зелени и сино-зелени алги во перифитонот (тие живеат прикачени на површината, овде најважните подводни растенија). Богатите и обилни перифитонски алги беа најважните примарни продуценти и основа на доста продуктивниот ланец на исхрана на езерото. Овој период на стабилни еколошки услови овозможија развој на природна микрофлора и нејзино наследство во текот на годината, карактеристично за езерото. 257 таксони на алги беа пронајдени во езерото до 1976 год. Сино-зелените алги беа исто така присутни со солиден број на родови, но не беа толку доминантни во езерото како зелените алги.

¹⁰ photo by R. Ljusterevska, June 22, 2016



Слика 29: Вид на алги *Phacus longicaudus*; еден од видовите на алги кои веќе не се присутни во езерото

Сепак, како резултат на драстичното намалување на водената маса во езерото во доцните осумдесетти од минатиот век, 110 форми на алги исчезнуваат од екосистемот, предизвикувајќи доминантност на само една форма, кај планктонот, не перифитонот - (*Aulacoseira granulata*), со драстично намалување на присуството на други алги, како и целосното исчезнување на видовите *Phacus* (Слика 29). Силната и драстична промена во еколошките услови на природното езеро секогаш имаат драстично влијание на составот на биоценозата. Без разлика на физичката рехабилитација на езерото и стабилизацијата на нивото на водата по 2002 год., наодите од истражувањето извршено во текот на 2015 год. укажуваат на целосна промена во фитопланктонот. Масовна доминантност на видови на планктонскиот род *Microcystis* за време на летните периоди (Слика 30) сега е вообичаена глетка.



Слика 30: 'Воден цвет', од видовите сино-зелени алги од родот *Microcystis*

¹¹ photo by S. Krstic

3.4 Моментални проблеми

Дојранското Езеро се сочува со различни проблеми веќе неколку декади. Почна со заканата дека ќе се испразни до сегашното претекување. Водата во езерото има лош квалитет, но постојат и други проблеми како ерозијата, која е присутна на неколку локации.

3.4.1 Поплавување

Долго време, Дојранското Езеро се бореше со нивото на вода кое постојано се намалуваше. Најголемиот пад се случи во периодот од 1956 - 1957, 1988 - 1989 год.¹² Ова беше највеќе заради огромните количини на вода кои протекуваат низ Голаја каналот од грчката страна. До 2000 год., нивото на водата во езерото постојано се намалуваше. Изминатите години ситуацијата е променета. Заради изградбата на каналскиот систем за довод на вода и подобрената хидролошка состојба, нивото на водата е зголемено. Високиот водостој сега предизвикува проблеми со ерозија на крајбрежните сидови како и поплавување на ниската земја за време на поголеми дождови.

3.4.2 Лош квалитет на водата

Дојранското Езеро е еутрофно езеро. Тоа значи дека е богато со хранливи материи што поддржува навистина густу популации на растенија и алги. Кога алгите ќе изумрат голема количина на кислород се користи, заради што умираат риби и други подводни животни. Истовремено ова ствара уште повеќе хранливи материи, што значи дека езерото е во состојба на “затворен круг”.

Табела 4: Максимални дозволени концентрации на вкупен азот и фосфор, врз основа на Уредбата за класификација на површинските води на Република Северна Македонија.

	Гранични вредности и концентрации за соодветната класа				
	Класа I	Класа II	Класа III	Класа IV	Класа V
Вкупен фосфор P (µg/l)	<4	4-7	7,1-10	10-50	>50
Вкупен азот N (µg/l)	(<7)*	(7-11)*	(11,1-20)*	(20-75)*	(>75)*
Вкупен азот N (µg/l)	<200	200-325	326-450	>450	>450

*бројките се однесуваат на езера и акумулации

Претходно споменатиот систем за довод на вода беше исто така наменет за подобрување на квалитетот на водата преку носење на поголеми количини на свежа, чиста, вода во езерото. Но, неодамна земените примероци покажуваат, дека се случува токму спротивното. Вливањето на водата од доводниот канал, која иако изгледа екстремно чиста и просирна е оптоварена со хранливи материи и вкупен азот кој достигнува и 9000 µg/l во октомври и вкупен фосфор кој достигнува речиси 470 µg/l во август, ставајќи го во класа V (Табела 4) (Поп Ристова и сор., лична комуникација). Протокот на вода во каналот изнесува околу 400 l/s.

Уште еден голем извор на загадена вода е истекувањето од Пречистителната Станица за Отпадни Води (ПСОВ) Топлец, кој се наоѓа блиску до системот за хидро-системот за довод на вода. Месечните

¹² <https://www.yumpu.com/en/document/read/43004666/workshop-report-dojran-lake-final-6-8-renanetworkorg>

хидраулични оптоварувања за годината 2020 може да се видат на табелата подолу (Табела 5). ПСОВ има потреба повторно да се реновивира/ да се изгради нова, бидејќи незадоволително ја третира водата во моменталната состојба.

Табела 5: Месечни хидраулични оптоварувања за ПСОВ “Топлец” во 2020 год.

Месец	волумен (м ³ /месец)
јан.20	11.160
фев.20	10.080
мар.20	11.160
апр.20	10.800
мај.20	11.168
јун.20	18.000
јул.20	26.040
авг.20	37.200
сеп.20	25.200
окт.20	11.160
ное.20	10.800
дек.20	11.160
Годишен влив во ПСОВ	193.928

Покрај овие главни точкести извори на загадување, постојат и други извори на загадување околу езерото и во самото езеро. Околу северниот дел од езерото повеќето земјиште се употребува за земјоделие. Земјиштето се употребува за растење на голем број разни годишни и повеќегодишни растенија. Заради конвенционалните земјоделски практики, фитофармацевтските производи и хранливите материи од ѓубривата истекуваат во езерото преку ерозија на горниот слој земјиште и испирањето на материи. Ерозијата на површинската земја исто така предизвикува силтација езерото. За да се определи реалниот придонес на околното земјоделие кон лошиот квалитет на водата во Дојранското Езеро, потребни се дополнителни истражување. Уште еден извор на загадување се зградите (главно домовите) кои не се поврзани со системот за канализација, кои во најдобра рака користат септички јами како форма на собирање на отпадните води. Во доста случаи овие септички јами се стари и распаднати и затоа протекуваат. Уште еден проблем е несоодветното исфрлање на ѓубрето како што видовме за време на посетата на терен на локација на поранешниот кампот. Како што беше спомнато, ова ѓубре (повеќето пластика) може да испушта штетни супстанции, но и се распаѓа и завршува во езерото и неговата околина како микропластика.

Како што споменавме, има и извори на загадување внатре во самото езеро. Еден од нив е употребата на катран, кој е токсичен за подводниот свет, а се користи за да се заштитат дрвените столбови на пристаништата. Двата најголеми извори на загадување сепак се распаѓањето на алгите и водните растенија и испуштањето на материи (ре-суспензија) од седиментите (до одреден степен предизвикано од начинот на исхрана на крапот).

3.4.3 Ерозија

Покрај веќе споменатата ерозија од земјоделското земјиште, има случаи и на ерозија предизвикана од самото езеро или истекувањето во поурбаните зони. Голема ерозија може да се забележи на поголемите секции на сидот направен долж патеката која се протега од јужната граница со Грција до крајот на Стар Дојран. Овој сид не беше направен да ги поднесе брановите кои удираат во него и затоа доста се распадна бидејќи нивото на водата дојде до точката каде може да го достигне.

Постојат и случаи на крајбрежна ерозија кои се видливи и на некои плажи од чакал. Овие може да бидат предизвикани од истекувања, бранови или и комбинација од двете.

4 РЕЗИМЕ НА РЕШЕНИЈА ЗАСНОВАНИ ВРЗ ПРИРОДАТА ЗА ОБНОВА НА ВОДНИТЕ ЕКОСИСТЕМИ И ЗАШТИТА ОД ПОПЛАВИ

Решенијата засновани врз природата може да се употребуваат за решавање на широк опсег на проблеми, вклучувајќи заштита на крајбрежјето, превенција од загадување и ерозија. Решенијата засновани врз природата ја штитат природата, луѓето и инфраструктурата од различни влијанија, истовремено обновувајќи ги екосистемите со што обезбедуваат придобивки за биодиверзитетот.

4.1 Мочуришта



Слика 31: Мочуриште

Здравите мочуриште (Слика 31) делуваат како систем за филтрирање, кој ги отстранува хранливите и загадувачки материи и седиментот од водата.

При слевањето на водата во мочуриштето, таа се шири и поминува низ густа вегетација, што ја намалува нејзината брзина. Ова му овозможува на седиментот да падне на дното каде корењата на растенијата го врзуваат и со тоа го задржуваат во мочуриштето (до 90% од седиментот). Бидејќи загадувачките материи, како тешките метали, се закачени за честичките земја, тие исто така остануваат заробени во мочуриштата со процесот на таложење.

Азот и фосфор се главни хранливи материи кои се слеваат во водните тела од земјоделското земјиште како и од други извори. Микроорганизмите и растенијата кои живеат во мочуриштата ги отстрануваат овие хранливи материи од водата. Кога растенијата изумираат, хранливите материи се рециклираат во самото мочуриште.

¹³ <https://www.cbf.org/issues/wetlands/>

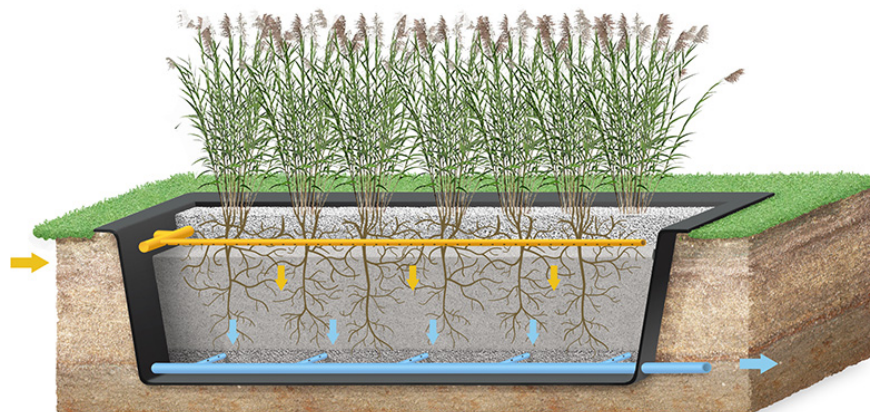
Постојат и некои загадувачки материи кои може да бидат конвертирани во помалку штетни хемиски форми преку биолошките процеси во мочуриштата или пак со поголем период на изложеност на сонце, или пак некои може да се чуваат во растенијата.

4.2 Изградени мочуришта (Constructed wetlands)

Обемот на испуст на отпадни води се зголемува заради поголемата урбанизација и раст на населението. Природниот систем не може да го следи ваквото зголемување. Доколку отпадните води се испуштаат директно во животната средина без да бидат прочистени, може да предизвикаат сериозни проблеми по здравјето на луѓето и животната средина. За да се избегне тоа, потребна е пречистителна станица за отпадни води. Пречистителната станица ја прочистува водата до точка каде веќе не претставува закана, пред да се испушти во животната средина.

Традиционалните пречистителни станици за отпадна вода се технолошки сложени и финансиски скапи. Изградените мочуришта (constructed wetlands) се добра алтернатива заради нивната едноставност за изградба и работа, економичноста и корисноста за животната средина.

Постојат повеќе различни форми на изградени мочуришта. Најчесто користените во Европа се подповршинско вертикалните (subsurface vertical) (Слика 32) или изградените мочуришта со хоризонтален тек (horizontal flow constructed wetlands).



Слика 32: Подповршинско изградено мочуриште со вертикален тек (Лимнос, 2021 год.)

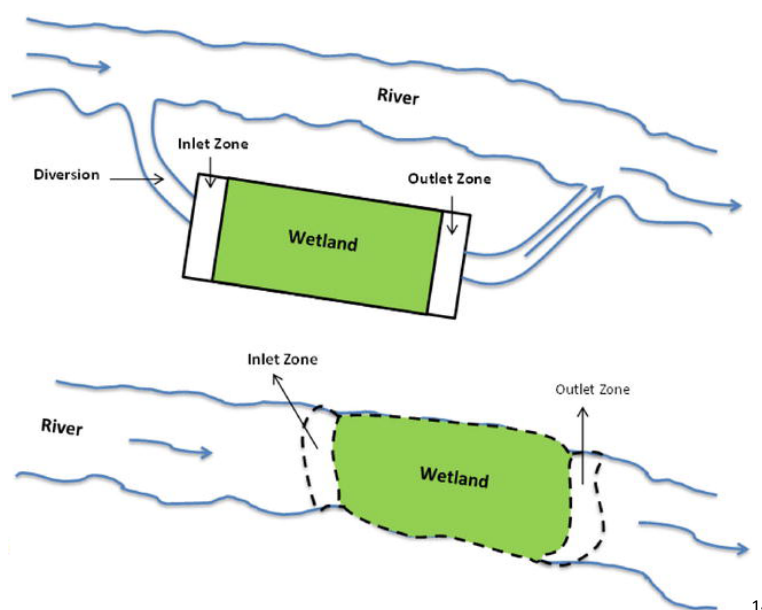
Секое изградено мочуриште се состои од септичка јама, каде се отстранува поголемиот дел од цврстите материи, проследено со едно или повеќе полиња. Полињата се обложени со водоотпорен слој со цел да се спречи непречистената вода да навлезе во околната почва. Полињата се полнат со чакал. Најчесто се садат со обична трска (*Phragmites australis*), но исто така може да се употребуваат и други мочуришни растенија.

Водата се пречистува преку физички и хемиски процеси со микроорганизми и мочуришни растенија. Докажано е дека изградените мочуришта имаат капацитет за отстранување на суспендирани цврсти материи, органски материи, нутриенти, фекални и други бактерии, тешки метали како и перзистентни органски загадувачи.

Изградените мочуришта може да се употребуваат во поголеми размери како за цели градови, но исто така и во помали размери, односно за индивидуални куќи.

4.3 Мочуришта произлезени од реки (River diversion wetlands)

Мочуриштата произлезени од реки функционираат по ист принцип како и изградените мочуришта. Разликата е тоа што тие се сместени во природни водни тела, дали во загадениот поток или река или веднаш до нив, поврзувајќи се со бајпас (Слика 33). Се употребуваат само на места каде што водата нема многу заостанати цврсти материи и друг поголем отпад во неа, кој брзо би го затнал филтерот.



Слика 33: Мочуришта произлезени од реки

4.4 Природен крајбрежен нагиб од чакал (Natural sloping gravel shore)

Природен крајбрежен нагиб од чакал (Слика 34) е многу поефикасно решение за пречистување на водата отколку бетонски или камени сидови. Природниот крајбрежен нагиб со чакал исто така обезбедува соодветно живеалиште за мрестење на одредени видови на риби (на пример во Дојранското Езеро белвицата - *Alburnus macedonicus*).

¹⁴ <https://www.intechopen.com/chapters/71892>

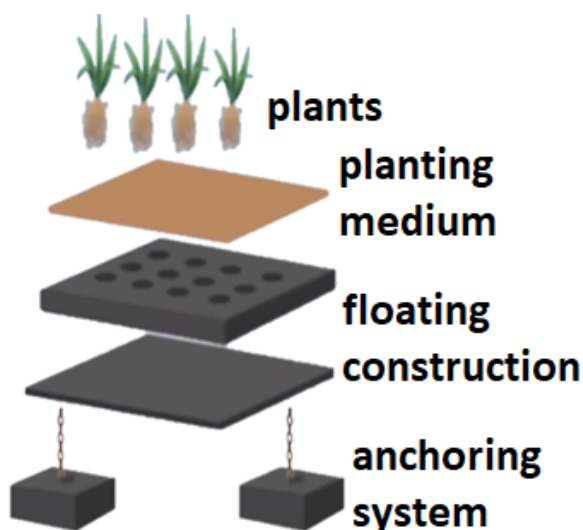


Слика 34: Природен крајбрежен нагиб од чакал

4.5 Пловни острови (Floating islands)

Пловните острови се вештачки пловни структури насадени со различни растенија кои можат да го издржат постојаното присуство на вода околу нивните корења. Тие се составени од 4 компоненти (Слика 35):

- Систем на сидро
- Пловна конструкција
- Медиум за садење
- Растенија



Слика 35: Компоненти на пловните острови ¹⁵

¹⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=ZTGc9Q2loE0>

Пловната структура овозможува островот да не потоне. Може да биде направен од материјали како простирка способни да се одржуваат на вода или во случаи каде пловните острови треба да издржат поголеми оптоварувања конструкцијата може да биде направена и од HDPE цевки.

Системот на сидро ги држи на едно место пловните островите. Системот може да биде направен во форма на сидро поставено на дното или лизгачка платформа прикачена на брегот. Во двата случаи, системот на сидро мора да биде направен така што ќе му дозволи на островот да се движи со промената на нивото на водата.

Во повеќето случаи, супстратот за садење ја нема вообичаената улога на обезбедување на хранливи материи до растенијата (тие ги добиваат од водата), односно највеќе служи како поддршка додека расадот не формира силен коренски систем со кој ќе се усидри на пловната структура. Затоа, се користат материјали кои имаат малку хранливи материи, како влакна од кокос.

Главната улога на растенијата е да земаат хранливи материи од водата. Покрај тоа, растенијата нудат живеалишта над и под водата за различни живи организми. Помеѓу нив има и микроорганизми, кои живеат во коренската структура на растенијата, а кои играат клучна улога во пречистувањето на водата. Корењата на растенијата исто така зафаќаат доста заостанати цврсти материи од водата, со што ја прават водата попросирна. Како што беше наведено погоре, еден од основните критериуми при избор на видот на растенијата е да нивните корења можат да поднесат постојано присуство на вода. Доколку е возможно, идеално би било да се користат локални растенија за засадување на пловните острови. Доколку целта не е само пречистување на водата, но и зголемување на биодиверзитетот, препорачливо е да се насадат поширок опсег на разни видови на растенија.

4.6 Фашины (прагови; Brush mattress)

Фашины (прагови) претставува слој формиран од живи гранки позиционирани на бреговите. Фашините се употребуваат за стабилизација на бреговите и за нивна заштита од ерозија. Преку покривање на брегот со слој од 15 - 30 cm, се постигнува инстант ефект кој станува уште поголем кога гранките ќе почнат да пуштаат корења, формирајќи дебела мрежа, под земјата, што го спојува брегот заедно. Истовремено делот над земјата започнува да разгранува нови гранки, со што ја прави структурата подебела и со тоа поефикасна во заштитата на брегот од ерозија. Освен што го штитат брегот, фашините исто така нудат живеалиште за голем број на различни животни, отстрануваат хранливи материи и фаќаат седимент кој потекнува од подалечното копно и затоа се корисни за заштитата од расфрланите извори на загадување. Фашините (прагови) се поставуваат на локација каде гранките ќе бидат во контакт со влажниот супстрат, но нема да бидат целосно под вода. Оптимално ова решение треба да се употребува на насипите со нагиб помал од 35°. За изградба на фашините се употребуваат свитливи гранки кои се стари 2 - 3 години и имаат должина од 1,5 до 3 m. Дебелината на подебелиот крај треба да биде помеѓу 1 и 4 cm. Исечените делови треба да се прави и грмушести. Колци (мртво дрво или живи прачки) и силен биоразградлив коноп се исто така потребни.

Насипот се подготвува со отстранување на поголемиот отпад и негово степенување, за да можат гранките да лежат рамно на него. Мора да се обрне внимание да не се натисне премногу почвата бидејќи тоа би го спречило креирањето на корења. Хоризонтална бразда длабока 20 - 30 cm се копа кај основата на насипот. Исечените гранки се редат малку решеткасто накосено со подебелиот дел кој се поставува во браздата колку што е можно подлабоко, а другиот крај да покажува кон горниот дел од насипот. Ова се повторува додека не се постигне барем 80% покриеност од површината. За ова се потребни отприлика од 10 до 50 гранки на метар од фашините (прагови). По ова колците (60 -

90 цм долги) мора да бидат заковани помеѓу гранките по шема со изглед на дијамант и меѓусебно растојание од 0,9 - 1,2 м. Треба да бидат само делумно заковани внатре пред да се поврзат со конопот (Слика 36). Откако ова ќе биде направено, колците треба да бидат дополнително заковани со цел да го компримираат прагот цврсто наспроти насипот. Основата на прагот е осигурана со соодветна техника како на пример контурен сид. За да се постигне добар контакт и за да се задржи нешто влага, слој почва се става над гранките по нивното поставување и се наводенува.¹⁶



Слика 36: Фашины (прагови)¹⁷

4.7 Вегетативен контурен сид (planted rip-rap)

Засаден или вегетативен контурен сид, како што сугерира и името, е комбинација на контурен сид и вегетација. Контурниот сид сам по себе е добар за заштита на насипите од ерозија, но не претставува идеално решение сам по себе кога станува збор за екоремедијација. Иако карпите се природен материјал, големите карпи и камења не обезбедуваат живеалишта како другите решенија засновани врз природата и не ги подобруваат значително капацитетите за самопречистување. Поради тоа, односно со цел да се постигне подобар капацитет за самопречистување и обезбедување на живеалишта, контурниот сид се комбинира со вегетација. Постојат различни методи за постигнување на ова:

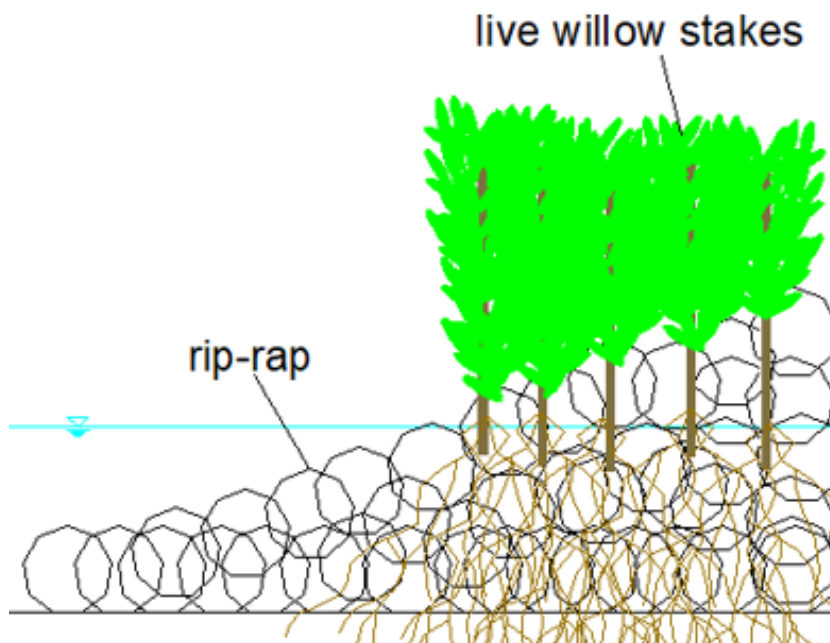
- Вегетативен контурен сид со врбовина
- Вегетативен контурен сид со превиткани колци
- Вегетативен контурен сид со слоеви грмушки и всадени колци
- Контурен сид засаден со споени или живи гранки (Слика 37)

За сите погоре наведени типови на вегетативни контурни сидови се употребуваат исечени гранки од дрвја кои брзо растат, сакаат влага и лесно пуштаат корења (во повеќето случаи врба). Овие исечени гранки може да бидат поставени пред камењата или да бидат потоа заглавени помеѓу камењата.

¹⁶ http://www.extranet.vdot.state.va.us/locdes/hydraulic_design/nchrp_rpt544/content/html/Live_Brush_Mattress/Live_Brush_Mattress.html

¹⁷ http://www.extranet.vdot.state.va.us/locdes/hydraulic_design/nchrp_rpt544/content/html/Live_Brush_Mattress/Live_Brush_Mattress.html

Исто како и при градењето на вообичаен контурен сид, потребно е да се направи слој за филтрација за да се спречи испумпување на ситна почва од под контурниот сид. Ова може да се направи со употреба на чакал со различна фракција што ќе послужи како филтер или пак со материјал како филтер. Идеално, треба да се избере првата опција, бидејќи растенијата може да имаат потешкотии со растењето на корења низ филтер материјалот.¹⁸



Слика 37: Контурен сид насаден со живи гранчиња

4.8 Терасирање со врби (Willow spiling)

Терасите од врби се античка техника за стабилизација на бреговите. Тоа е комбинација на гранчиња (или само живи или комбинација на живи со умртвени) и гранки на дрвја кои брзо растат и имаат склоност кон брзи правење на корења (вообичаено врби). Овие гранки (3 - 10 см дијаметар) вертикално се вкопуваат во почвата, на секои 30 см. Гранките потоа се преплетуваат, со што се прави вертикален сид од живи исечени гранки (Слика 38). Потоа ова се врти наназад од страната на насипот, така што исечените гранки се во контакт со почвата. Со текот на времето тие прават корења, со што дополнително го стабилизираат брегот и растат нови гранчиња, формирајќи дебел бедем, кој ги заглавува еродираните седименти и обезбедува живеалиште за различни видови на животни.¹⁹

Иако врбите сакаат влажна почва, не растат добро доколку се целосно потопени. Затоа, комбинација од тераси со врби и други решенија може да се употребува во подлабоки води.

¹⁸ <https://dirttime.tv/wp-content/uploads/2018/04/Vegetated-Riprap.pdf>

¹⁹ Vrhovšek, D., Vovk Korže, A. (2008). EKOREMEDIACIJE kanaliziranih vodotokov. Ljubljana: Limnos; Maribor: Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije.



Слика 38: Тераса со врби²⁰

4.9 Зелени тампон зони (Green buffer zones)

Зелените тампон зони, како што сугерира и нивното име, се тампон зони составени од растенија. Тие се комбинација од дрвја, грмушки и тревна вегетација. Се препорачува да се употребуваат локални растенија кои се веќе присутни во околината.

Зелените тампон зони се сместени помеѓу зоната што е извор на закана и зоната која треба да биде заштитена (Слика 39). Во овој случај зелената тампон зона би била поставена помеѓу земјиштето и езерото или со други зборови во крајбрежната област. Кога станува збор за загадување и нанесување (силтација), езерото треба да биде заштитено, а земјиштето претставува изворот на споменатите закани. Кога станува збор за поплави и крајбрежна ерозија улогите се сменети.

Зелените тампон зони може да бидат сместени подлабоко накај земјиштето, блиску до други водни тела, за да се спречат наноси и други загадувачи кои влегуваат во потоците и реките кои потоа се сливаат во езерото. Уште една опција е зелените тампон зони да се постават како ограда помеѓу полињата, со што ќе ги запираат наносите на самото место на нивното истекнување, со што ќе функционираат и како живеалиште за фауна, па ќе се зголеми контролата врз штетниците.

Што се однесува до заштитата од загадување и наноси, зелените тампон зони функционираат на ист начин како мочуриштата. Кога станува збор за заштита на брегот од ерозија, тие функционираат како предмет на кој се распршува (намалува) ерозивната енергија на водата.

²⁰ <https://www.salixrw.com/product/live-willow-revetments/>



Слика 39: Зелени тампон зони²¹

4.10 Ренатуризација на канали

Бетонските канали, како тој кај системот за довод на вода во Дојранското Езеро, имаат многу помал капацитет за самопречистување отколку природните потоци и реки. Ова е причината зошто проектите, каде реки и потоци пренасочени во канали повторно се трансформираат во природни, се се' почеста појава низ целиот свет. Пример за тоа може да се види на сликата подолу, од проект во Сингапур, Паркот Бишан и реката Каланг (Слика 40).



Слика 40: Ренатуризација на бетонски канал во Сингапур, Паркот Бишан, реката Каланг²²

²¹ <https://www.ctc-n.org/products/riparian-buffer>

²² <https://www10.aecafe.com/blogs/arch-showcase/2012/11/14/kallang-river-bishan-park-in-singapore-by-atelier-dreizeit/>

Идеално, ова значи отстранување на постоечкиот бетонски канал и правење на природен канал, кој би се направил со повеќе завои наместо права линија, така што ќе се зголеми времето на задржување на водата, но и вклучувајќи разновидни структури, како полиња со чакал, редување трупци, поголеми карпи и садење растенија каде може да се воспостават нови екосистеми. Во случај каде не е возможно отстранување на постоечкиот бетонски канал и правење на природен, може да се преземат одредени мерки за да се подобри моменталната состојба (на пример габиони кои ќе ги направат водните свиоци поголеми и ќе овозможат повеќе површинска област за микроорганизмите кои ја чистат водата), но подобрувањето нема да биде толку видливо како при целосна ренатуризација на каналот.

4.11 Одржливи системи за дренажа (Sustainable drainage systems)

Одржливи системи за дренажа или ОСЗД накратко, претставуваат решенија за дренажа кои овозможуваат алтернатива на директното спроведување на дождовницата низ мрежи на цевки и канализација со намера за нејзино брзо пренасочување од урбанизираните области и патишта.

ОСЗД функционираат преку имитирање на природните режими за дренажи и имаат за цел да ги намалат поплавите од површински води, да го подобрат квалитетот на водата и да ја зголемат вредноста на комфорот и биодиверзитетот на животната средина. Ова се постигнува преку намалување на стапките на сливање, зголемување на капацитетот за складирање на вода и намалување на преносот на загадувањето во водната средина.

Примери за ОСЗД се:

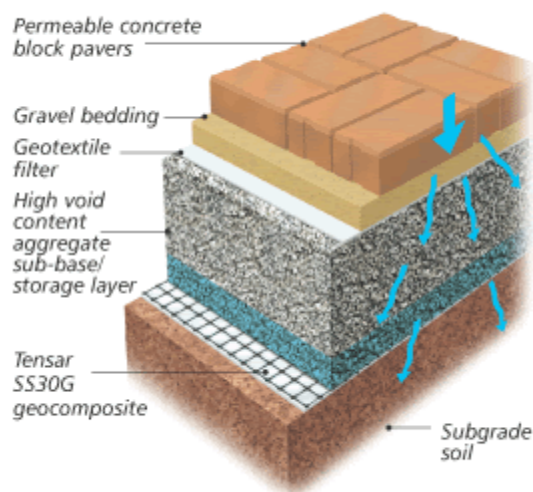
- Био-каналы (Слика 41) - плитка вдлабнатина во дел од земјиште во која се прибираат и филтрираат површинските води кои истекуваат, преку насочување на загадената дождовница во почвата и вегетацијата.



Слика 41: Био-канал

²³ https://www.canr.msu.edu/news/bioswales_can_improve_water_quality_resources

- Пропустлив тротоар (Слика 42) – вид на тротоар кој дозволува површините кои вообичаено не се пропустливи (на пример паркиралишта) да станат пропустливи и така да овозможат водата да поминува низ нив и да навлезе во земјата.



24

Слика 42: Пропустлив тротоар (состав: пропустлив бетонски блок павер, полиња со чакал, филтер од гео-текстил, под-основа агрегат со голема шупливост/слој за складирање, тенсар СС30Г гео-комполит, подповршинска почва)

- Сливови за задржување (Слика 43) - Вдлабнатина покриена со вегетација која треба да ја задржува дождовницата и споро да ја дренира.



Слика 43: Слив за задржување

- Резервоари за складирање на дождовница (Слика 44) – ова може да биде било што од мало буре до 30 м³ (или поширока) цистерна. Вообичаено се направени од пластика или бетон. Се

²⁴ <https://sites.google.com/site/permeablepavementengineering/>

²⁵ https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/retention_and_detention/Detention_basins.html

употребуваат за складирање на дождовницата кога има вишок од неа и се употребува за наводнување во сувиот дел од годината или дури за вода во тоалетите.



26

Слика 44: Резервоар за складирање дождовница

- Дождовни градини (Слика 45) - градина со природни грмушки, повеќегодишни растенија и цвеќиња насадени во мала вдлабнатина, која се употребува за впивање дождовница (вообичаено директно од сливниците).

²⁶ <https://www.varcevanje-energije.si/novice-rss-zanimivosti/nasveti-za-zbiranje-dezevnice.html>



Слика 45: Дождовна градина²⁷. Резиденцијална дождовна градина треба да се направи 3 метри подалеку од останатите структури (состав и карактеристики :сливник, канал или цевка од камења/вегетација, структура за претекување ако е потребна, локалните растенија апсорбираат одливање и загадувачи додека привлекуваат птици и пеперутки, коренскиот дел помага за внес на материји, микробни активности и вливање, -поле со чакал доколку е потребно, зона базен која дозволува загадувачите да се приберат и органската материја да се акумулира, пробушена цевка како излез ако е потребна, подготвен микс од почва кој се состои од 50-60% песок, 20-30% компост, 20-30% горен слој почва).

4.12 Одржливи/регенеративни земјоделски практики

Превентивните мерки претставуваат голем дел од подобрувањето на квалитетот на водата, а со тоа и водните екосистеми. Конвенционалното земјоделство има големо негативно влијание на околните екосистеми. Доколку се разгледа аспектот на квалитетот на водата, конвенционалните земјоделски практики се огромен извор на хранливи материји, загадувачки материји и седименти кои истекуваат во водните тела.

²⁷ <https://kglandscape.com/rain-garden-everything-need-know/>

Преку имплементацијата на вакви практики кај земјиштето, исто така се подобрува безбедноста од поплави, преку впивање на вишокот вода што резултира со намалување на истекувањето на површинските води.

4.12.1 Без изорување (редуцирана обработка)

Без изорување (редуцирана обработка) е земјоделска практика (Слика 46) која, како што сугерира и името, не вклучува изорување или вклучува минимална обработка. Ова предизвикува помалку ерозија што значи помалку седименти и хранливи материји во истекувањата од површинските води.



Слика 46: Земјоделство без изорување (редуцирана обработка)

4.12.2 Контурно земјоделство

Контурното земјоделство (Слика 47) вклучува садење расад во отвори за вода направени од луѓето или бразди кои поминуваат низ насипот. Оваа бразда мора да биде направена нивелирано. Контурното земјоделство ги успорува површинските истекувања, со што дозволува повеќе вода да се впије во почвата и ја намалува ерозивната моќ на водата.

²⁸ <https://eos.com/blog/no-till-farming/>

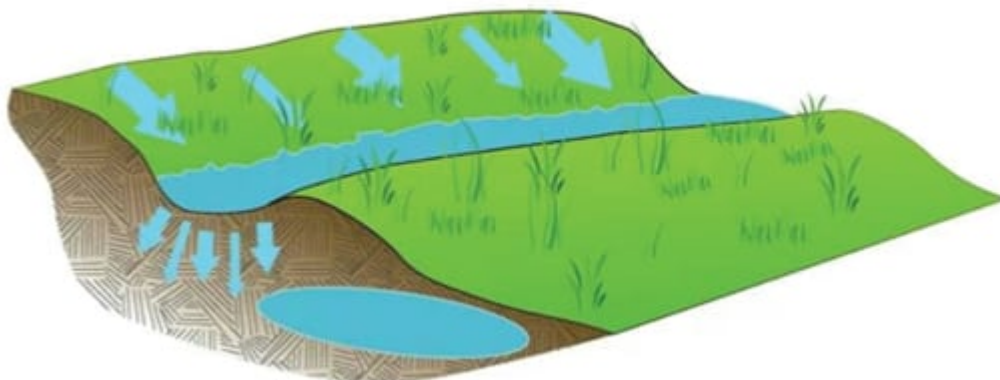


29

Слика 47: Контурно земјоделство

4.12.3 Изохипси

Изохипси (Слика 48) се бразди направени на контурите. Функционираат исто како контурното земјоделство, но имаат капацитет за складирање повеќе вода и вообичаено не се засадени со годишен расад, туку со повеќегодишни растенија.



30

Слика 48: Изохипса

²⁹ <https://www.cropsreview.com/contour-farming/>

³⁰ <https://dailyacts.org/faq-items/swales-101/>

4.12.4 Покривни култури

Покривни култури е техника на засејување дополнителни култури помеѓу главниот расад. Главната улога му е, како што сугерира и името, да ја покрие почвата со што ги намалува шансите за ерозија, додека истовремено го подобрува квалитетот на почвата и животот во и над почвата (Слика 49).



Слика 49: Покривни култури

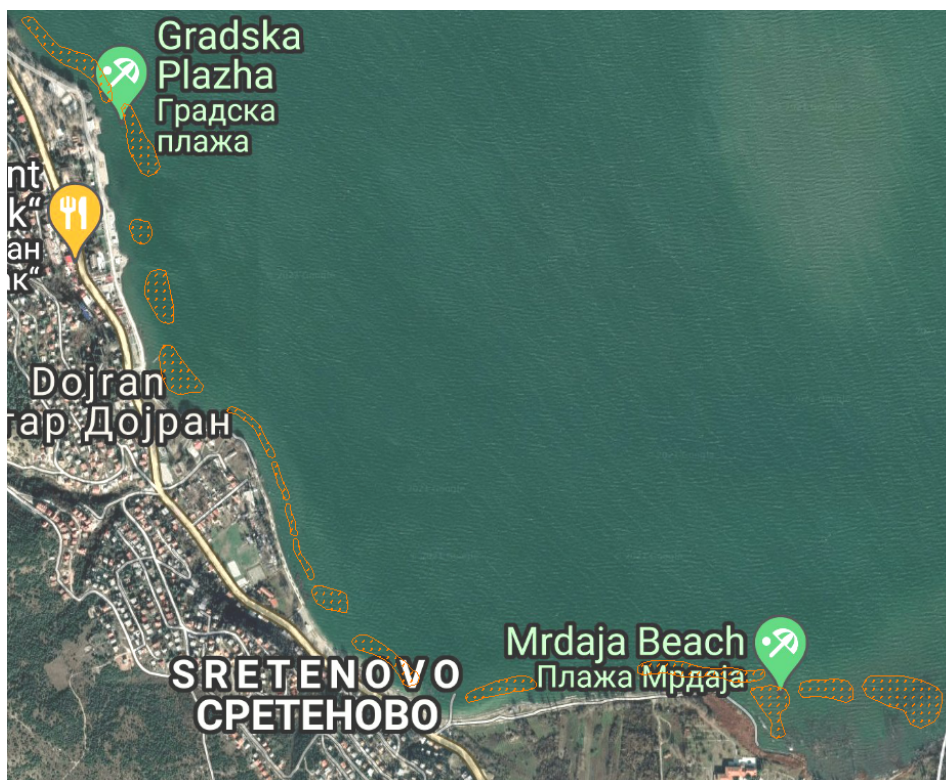
³¹ <https://www.no-tillfarmer.com/ext/resources/images/2020/09/vujc-covers.jpg>

5 Идејно решение за предложените решенија засновани врз природата за ревитализација на крајбрежјето

Главниот фокус овде беше воспоставувањето на некогаш присутниот трскен појас долж целото крајбрежје, поправање на еродираниот брег со фашины (прагови) и засаден контурен сид, повторното воспоставување на нагибот од чакал на брегот на северниот дел, чистењето на една од двете главни точки на извори на загадувачи и воспоставувањето на минимум 15 м широка тампон зона помеѓу земјоделското земјиште и езерото. Кога беше можно, целта беше да се направи поблаг нагиб на крајбрежјето, бидејќи плитките води се повеќе продуктивни и имаат повеќе живот во нив. Приближната поставеност на сите решенија може да се види на Цртеж 3.0.

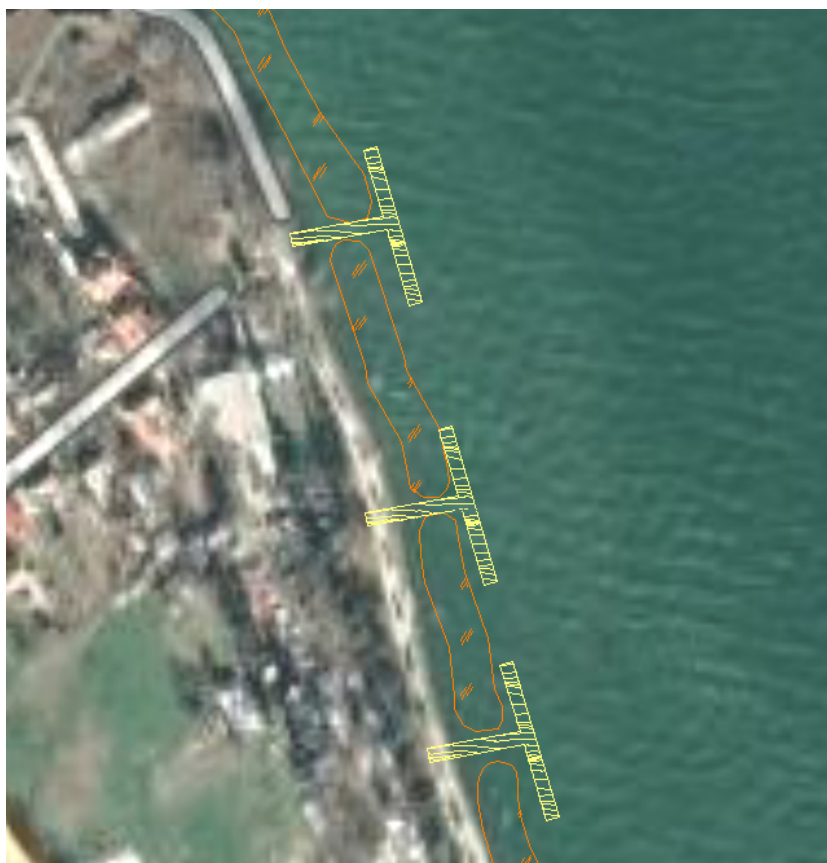
5.1 Воспоставување на некогаш присутниот трскен појас

Дојранското Езеро некогаш имаше постојан трскен појас околу целото езеро. Покрај тоа што обезбедува живеалиште за различните животни форми, трскениот појас исто така претставува зелена тампон зона, што го штити брегот од бранови (енергијата делумно се шири и пренесува на трските, со самото тоа помала количина пристигнува до брегот), но исто така и креираат животна средина во вид на мочуриште која, како што веќе наведено погоре, игра огромна улога за подобрување на квалитетот на водата. Трскените појаси исто така обезбедуваат живеалиште за многу животни и други видови на растенија.



Слика 50: Поставување на нови појаси со трски – 25 м подалеку од брегот

Трските беа поставени на начин да не сметаат на другите активности како што е капењето. Во повеќето области потег од 25 м беше оставен помеѓу трските и брегот поради оваа причина. Исто така беа оставени отвори помеѓу појасите трска со цел бротчињата да можат да поминуваат низ нив (Слика 50).



Слика 51: Можна поставеност на трски поблиску до брегот, со пристаништа низ нив

Уште една опција би била да се постават трските блиску до брегот и да се изградат пристаништа помеѓу трскените појаси за да се дозволи пристап кон отворена вода за рекреирање како пливање и рибарење (Слика 51). Двете опции може да се комбинираат во зависност од специфичните области.

Како што беше напоменато погоре, во текот на изработката на овој план мапа со длабочините на езерото не беше достапна. Трските имаат потешкотии со растење во вода подлабока од 0,5 м. Дури и во вода до таа длабочина, растенијата мора да штрчат над водата за време на садењето. Доколку водата е подлабока од 0,5 м, подводни насипи може да бидат направени од материјали кои веќе се присутни во езерото. Материјалот за садење може да биде во форма на расад израснат во расадник, трансплатни на трска, исечоци од стебла или фрагменти од ризоми³². Свкупно, би се поставило околу 10 хектари нова трска.

³² <https://dnu7gk7p9afoo.cloudfront.net/create-and-manage-reedbeds-2.pdf>

Со сечењето на трските во соодветното време (земајќи го предвид гнездењето на птиците и мрестењето на рибите) и соодветната длабочина (доволно високи за да се овозможи повторно растење) може да се отстранат хранливите материите од езерото. Отстранетиот трскен материјал може да се компостира, а компостот потоа може да се користи во земјоделство или градинарство, може да се употреби за покривка од трска или дури и како сточна храна.

Покрај трските, и други локални растенија може да бидат насадени, како на пример растенија кои може да живеат под вода како *Vallisneria spiralis* и *Ceratophyllum demersum*. Нивното садење би било лесно дури и во вода подлабока од 0,5 м.

5.2 Фашины (прагови) за спречување крајбрежна ерозија во Калдрма

За приближно 10 м долг потег со сериозно еродирана плажа со нагиб од чакал во Калдрма беше избрано решението фашины (прагови) од гранки од врба (Слика 52). Прво, нагибот треба да биде направен скалест, со цел гранките од врба да имаа добар контакт со земјата. Откако ќе бидат поставени гранките, страховете парцијално се вкопуваат, во распоред со форма на дијамант, се врзуваат со коноп и потоа целосно се вкопуваат. Тенок слој на почва ќе се расфрла над нив и ќе се навади. Гранките ќе пуштат корен во брегот, формирајќи силен коренски систем, кој ќе го штити брегот од дополнителна ерозија. Зависно од посакуваниот изглед, откако ќе се постават, врбите може или да се кастрат или да се остават да растат во висока структура со облик на ограда од густо дрвја.



Слика 52: Фашины (прагови) наспроти крајбрежната ерозија во Калдрма

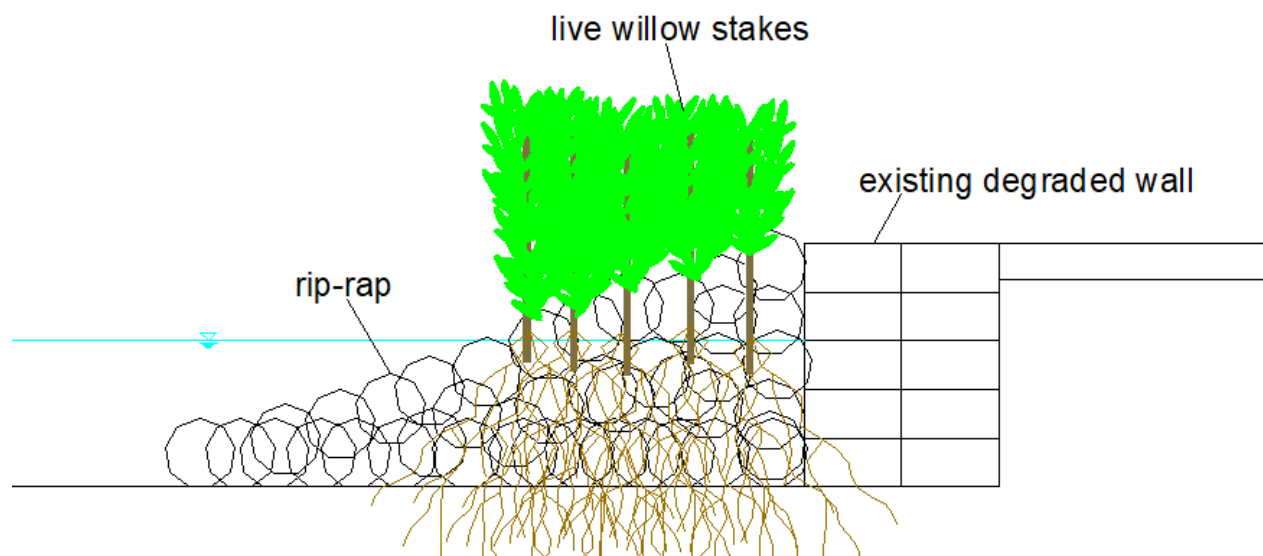
5.3 Вегетативен контурен сид како замена за деградираните делови на крајбрежниот сид кај Стар Дојран

На местата, каде сидот е сериозно деградиран заради ерозија во Стар Дојран, ќе биде поставен вегетативен контурен сид, поточно контурен сид насаден со страхови. Ќе се употребат врбови

стапчиња кои ќе бидат заглавени помеѓу камењата на начин што последниот дел од страковите ќе биде во постојан допир со вода, додека горниот дел ќе штрчи надвор од контурниот ѕид и никогаш нема да навлегува под водата. Страковите ќе направат корења од долната страна, со што ќе ја врзат поврзат конструкцијата додека истовремено ќе влечат хранливи материи од водата (Слика 53). На долниот дел од контурниот ѕид (делот кој е постојано под вода) може да бидат засадени подводни растенија.

Што се однесува до самиот контурен ѕид, тој ќе биде направен од камења со различни големини за да се сведат на минимум големите празнини помеѓу нив, за кои се има докажано дека се идеално живеалиште за некои инвазивни видови на животни, во животни средини каде таквите живеалишта не се природно присутни. Недостигот на празнини исто така обезбедува подобра животна средина за растенијата да направат корења. Планирано е да се изгради вкупно околу 820 м насаден/вегетативен контурен ѕид, чиј нагиб кај најголемата косина би бил 1:3.

Контурниот ѕид би бил направен се' до постоечкиот деградиран ѕид. Пред да се изгради, сите парчиња паднат бетон кои може да пречат треба да бидат отстранети. Истото важи за сите умртвени, исправени или потопени дрвја или друг поголем отпад.

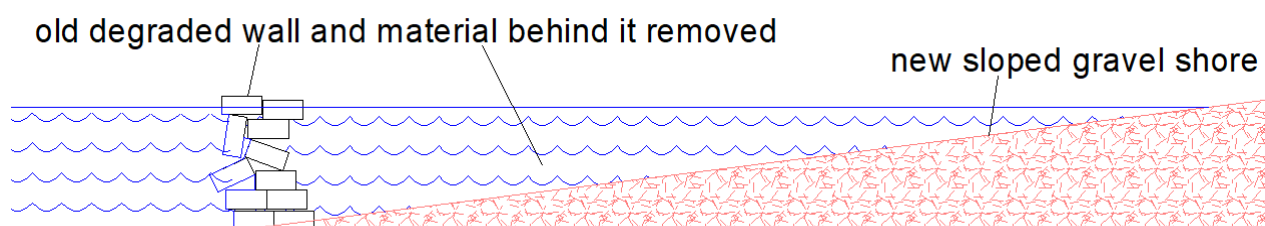


Слика 53: Насаден контурен ѕид со живи стракови врба

Зависно од посакуваниот изглед, штом ќе се постават, врбите може или да се кастрат или да се остават да пораснат во висока структура како ограда од густы дрвја. На истиот начин како и со трските, со кастрењето на овие врби во соодветното време, отстранувањето на искастрените делови и нивната употреба за производство на компост или дури како храна за кози, хранливите материи може да се отстрануваат од езерото.

5.4 Повторно воспоставување на крајбрежен нагиб од чакал на јужниот дел од езерото

На најјужниот дел од езерото, каде моментално има распаднат, често поплавен сид, треба повторно да се воспостави крајбрежен нагиб од чакал. Должината на овој потег е приближно 850 м. Нагибот на брегот би бил приближно 1:8. Распаднатиот сид како и материјалот позади него би требало да се отстрани, се додека соодветен нагиб на кој се додава чакал не се формира (Слика 54).



Слика 54: Повторно воспоставување на крајбрежен нагиб од чакал (кај стариот распаднат сид со отстранет материјал позади него)

5.5 Чистење на двата главни точкести извори на загадување

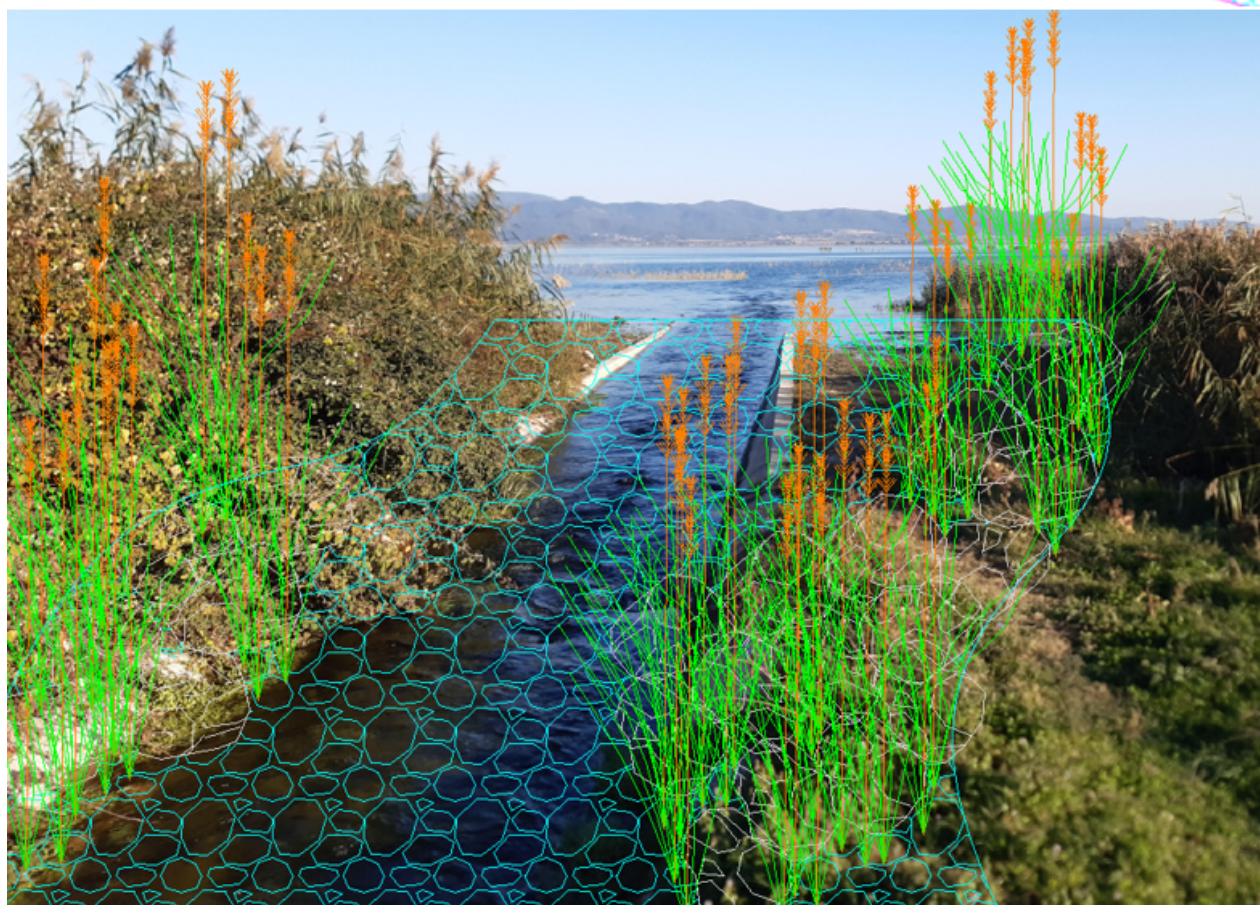
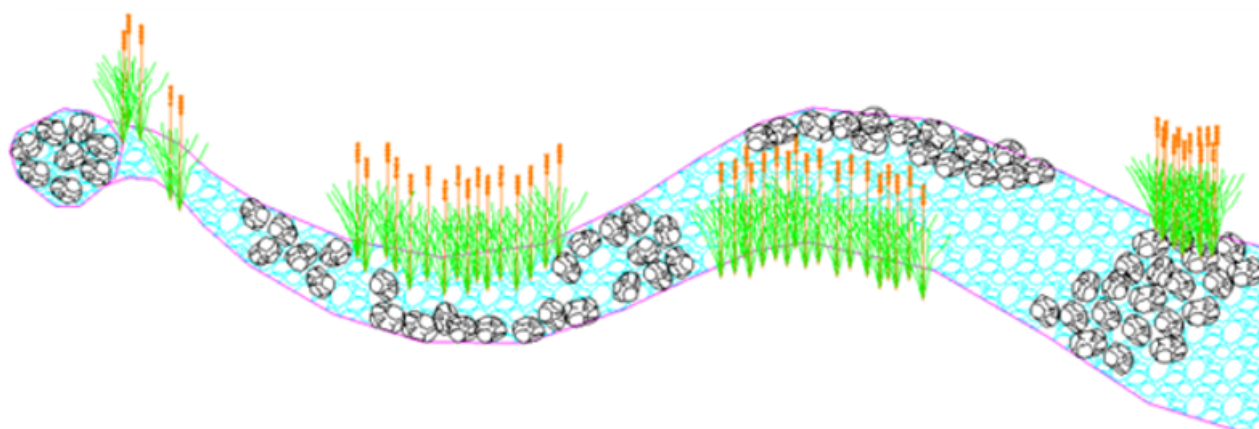
Кога станува збор за чистењето на двата главни извори на загадување (каналот и испустот од ПСОВ Топлец) фокусот беше ставен главно на каналот, бидејќи тој носи повеќе материји, а другиот би бил поправен со новата ПСОВ за што веќе се говореше во Физибилити студијата за пречистување на отпадни води во општина Дојран преку употребата на решенија засновани врз природата (Лимнос, 2021).

Првата задача би била да се направи ренатурализација на каналот. Со цел да нема влијание врз пречистителната станица, ова би се направило во последните 275 м од каналот (под рампата) (Слика 55).



Слика 55: Рампата под која би започнала ренатуризацијата на каналот

Во овој дел постоечкиот бетонски канал би се отстранил. Наместо него би се формирал свиен поток со употреба на природни материјали како песок, чакал и поголеми камења. Би се додале растенија заради диверзитет на екосистемите. Веднаш по рампата, базен порамнет со поголеми камења би се формирал со цел да се шири малку енергијата на водата како што тече над рампата. Би се формирале повеќе потоци со помош на поголеми карпи долж делот, за да се успори водата надолу и за да се измеша со воздух на тој начин снабдувајќи се со кислород. Ренатуризацијата во голем дел ќе го зголеми капацитетот за самопречистување на потокот (Слика 56).



Слика 56: Ренатуризираниот поток

Со оглед на високиот тек (400 л/с) и многуте хранливи материи во водата кои поминуваат низ каналот, релативно краткиот дел од ренатуризираниот поток не би бил доволен сам по себе. Затоа, пловни острови би биле направени на крајот на потокот, за понатамошно пречистување на водата. Приближната површина на пловните острови би била 8.000 м². Бидејќи ова е огромен проект сам по

себе, би било паметно да се преземат мерки за да се пронајде причината за хранливите материји во водата во каналот, пред да се изградат пловните острови.

5.6 Зелена тампон зона помеѓу земјоделското земјиште и езерото

Во поголемиот дел од областа над Нов Дојран, барем 15 м широка зелена тампон зона веќе постои во форма на трски. Само на неколку места треба да се повлече наназад обработливото земјиште и да се засадат трски или други локални растенија со цел да се има целосен тампон појас долж целата област со обработливо земјиште.

5.7 Други решенија

Некои од другите решенија не беа применети на специфичните локации, но пошироко се препорачуваат.

Такви решенија се практиките на одржливо/регенеративно земјоделство. Препорачаните земјоделски практики треба да се имплементираат на што е можно повеќе обработливо земјиште околу езерото. Освен оние кои веќе беа споменати, уште една работа поврзана со земјоделството е да се избегнува употребата на тешка машинерија блиску до брегот, заради тоа што може да предизвика ерозија (Слика 57).



Слика 57: Крајбрежна ерозија предизвикана од тешка земјоделска машинерија

Другото решение е веќе опфатено во Физибилити студијата за третман на отпадни води и мил во општина Дојран преку употреба на решенија засновани врз природата (Лимнос, 2021 год.). Ова вклучува дека повеќето луѓе треба да бидат поврзани на пречистителна станица за отпадни води. Во

случаите каде тоа не е можно треба да се земат предвид мали индивидуални пречистителни станици за отпадни води или барем старите септички јами кои протекуваат да се поправат или заменат.

Мртвите дрвја во водата треба исто така да бидат отстранети бидејќи нивното распаѓање обезбедува дополнителни хранливи материи.

Исто така, треба да се внимава и на столбовите обложени со катран, односно потребна е замена на постоечките и спречување на поставувањето на нови.

6 Финансиски проекции за имплементацијата на предложените решенија

Овој План вклучува и груба проценка за трошоците за изградба на предложените решенија. Овие бројки се навистина само груби проценки, бидејќи ова е само идејно решение односно може да се случат многу промени до неговата реализација. Исто така има уште непознати информации (на пример длабочината на водата) која може да има големо влијание на финалната цена. Проценките се врз основа на просечните цени на пазарот во моментот на пишувањето.

Табела 6: Проценети трошоци за изградба на предложените решенија

РзП	Цена по единица мерка	Единица мерка	Проценети трошоци цена
Трскен појас	6 €/m ²	100.000 m ²	600.000 € *
Крајбрежен нагиб од чакал	108 €/m	850 m	91.800€ *
Фашины (прагови)	40 €/m ²	50 m ²	2.000 €
Насаден контурен сид	310 €/m	820 m	254.200 € *
Пловни острови	140 €/m ²	8.000 m ²	1.120.000 €
Ренатурализација на бетонски канал	208 €/m	275 m	57.200 € **
Зелена тампон зона	10 €/m ²	1.388 m ²	13.880 € **

* трошоците доста зависат од длабочината на водата

** не е вклучен трошокот за компензација на земјиштето од фармите

ВКУПНО: 2.139.080 €

Споредбата на овие цени со решенија кои не се засновани врз природата не е навистина изводлива, бидејќи за повеќето не постои алтернатива која би го сторила истото. Единственото кое може да се спореди до одреден степен се насадените контурни сидови. Доколку сид од карпи во бетон би бил повторно направен долж тие потези приближниот трошок би бил 150 €/m, со што финалната цена би дошла до 123.000 € наместо 254.200 € за насадените контурни сидови. Она што не треба да го забораваме е дека единствената задача која ќе ја врши овој сид е да дава поддршка на постоечкото шеталиште, додека насадените контурни сидови би го правеле истото но и би обезбедиле различни живеалишта, што значи би го зголемиле биодиверзитетот, би отстранувале хранливи материи од езерото и би ги подобриле капацитетите за самопречистување на езерото.

7 Наоди и препораки

7.1 Одржување

- Трски: косење и отстранување на трските:

Косењето на трските треба да се прави помеѓу крајот на ноември и март. Крајбрежјето треба да биде поделено во делови долги по 250 м. Тие потоа треба да бидат дополнително поделени во под-секции од 50 м должина. Секоја година единечна под-секција во секој од деловите се коси (сите први под-секции една година, сите втори под-секции во втората година итн.), потоа искосените под-секции не се чепкати наредните 4 години. Ова се прави вака, бидејќи дури и во зимските месеци трските се важно живеалиште за птици, бубачки и водни безрбетници и бидејќи помладите снопови трска не се толку добри живеалишта за птици во текот на остатокот од годината. Косилицата треба да биде поставена да коси на 10-20 цм над високото ниво на водата. Доколку трските се навистина тенки во некои зони, тие зони не треба да се чепкаат (затоа што косењето ќе ги ослаби дополнително), а фокусот треба да се насочи на областите каде трските се екстремно дебели. Причината за ова е дека доколку трските станат премногу дебели, веќе не претставуваат живеалиште за други пловечки растенија кои би можеле да живеат помеѓу нив. А таквите пловечки растенија тие се често исто толку важни, ако не и повеќе, кога станува збор за пречистување на водата. По косењето, исечените делови треба да бидат отстранети и може да се употребуваат за покривка од трска, храна за животни или компостирање.

- Отстранување на пловечките простирки од алги:



Слика 58: Пловечки простирки од алги

³³ Valorisation study of Dojran Lake in preparation (courtesy of Dojran Municipality)

Пловечките простирки од алги (Слика 58) содржат големи количини на хранливи материи кои повторно се враќаат во езерото, откако алгите ќе изумрат. Бидејќи се лоцирани на површината на езерото, исто така прават сенка за подводните растенија (исто така и за младите, новорастечки трски кои се борат да ја достигнат површината). Со нивното отстранување, големите количини на хранливи материи се отстрануваат од езерото и остатокот од растенијата добиваат подобри услови за растење. Исто како и исечените трски, алгите може да се употребуваат како состојка за компостирање по нивното отстранување.

- Врби: се кастрат по специфичен распоред доколку сакате да останат ниски.
- Контурен сид и крајбрежен нагиб од чакал: отстранување остатоци.
- Отстранување ѓубре долж целото крајбрежје.
- Спречување на употребата на катран за столбовите на пристаништата и отстранување на постоечките столбови веќе премачкани со катран.

7.2 Општо

Дури и со имплементацијата на сите овие решенија и нивно одржување според препорачаното, ревитализација на езерото во првобитната добра состојба е изводлива само доколку и двете страни (грчката и македонската) соработуваат кон оваа цел.

Што се однесува до заштитата од поплави, единствените две изводливи опции кои би направиле огромна разлика би биле запирањето на сливањето (доток на вода од каналот) од Богданци кога нивото на водата станува превисоко и/или имплементација на каналот за одливање на грчката страна. Иако предложените решенија прават мала разлика на ова поле (повеќе трски – повеќе транспирација, регенеративни земјоделски практики – повеќе вода пробива во почвата наместо да го полни езерото директно,...), тие не се доволни за да се запре претекувањето на водата.

Потребни се повеќе податоци за понатамошен развој на планот. Најважна е батиметријата на езерото. Изворот на хранливи материи кои влегуваат во водата, а кои доаѓаат од Богданци треба да се истражи исто така.

8 Цртежи

- 1.0 Тековна состојба
- 2.0 Тековна состојба – СЛИКИ
- 3.0 Идејно решение за предложените решенија базирани врз природата