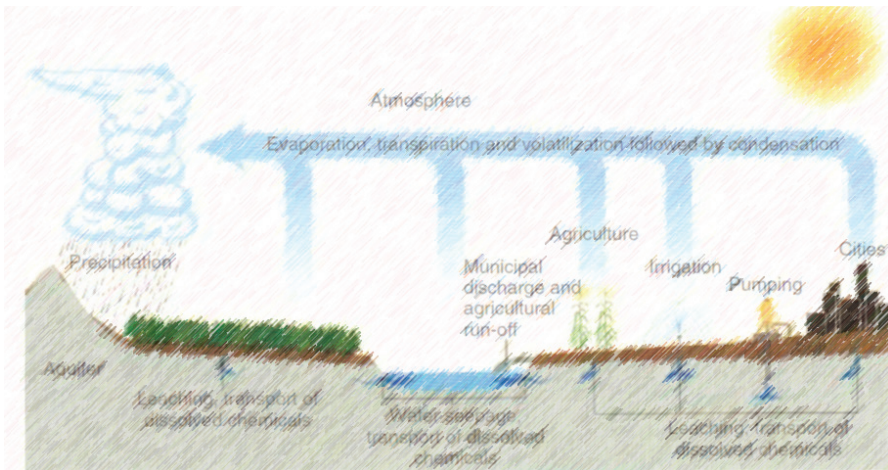




СИСТЕМИ ЗА МОНИТОРИНГ НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА

- МОНИТОРИНГ НА ВОДИ -



ДАРКО БАБУНСКИ И ЗОРАН МАРКОВ



ПРЕДГОВОР

Предизвиците кои произлегуваат од ограничените водни ресурси, пред сè за чиста вода за пиење, но и за различни потреби кои ги наметнува модерното и брзо растечко човеково општество бараат сериозен придонес од страна на стручната и научната јавност, со цел одржливо снабдување на населението со свежа, хемиски и биолошки исправна вода. Книгата претендира да придонесе кон модерните движења во областа, со цел да ги пресретне предизвиците наметнати од забрзаниот општествен и технолошки развој и ефикасно да се справи со загадувањето на човековата околина предизвикано од самиот човек.

Според содржината, книгата „Системи за мониторинг на животната средина“ во целост ја опфаќа материјата предвидена со наставната програма по предметот „Мониторинг на квалитет на вода“ од прв циклус студии на Машинскиот факултет во Скопје, но може да послужи и како корисно дополнително четиво за предметите кои ја покриваат областа мерење и мониторинг на животната средина на првиот, вториот и третиот циклус на студии на Машинскиот факултет во Скопје. Ограничувањата на форматот на учебник по обем и наставни содржини, сепак, не треба да ја ограничи употребата на овој труд од страна на поширок круг на млади но и поискусни истражувачи и ентузијастички кои во практиката се занимаваат со проблематиката која е опфатена во оваа книга.

Бидејќи книгата опфаќа мултидисциплинарна проблематика, која е изразито комплексна и динамична, секоја забелешка и сугестија за подобрување ќе биде внимателно разгледана и интегрирана во идно ново издание.

Авторите

Авторите изразуваат голема благодарност до Фондацијата Конрад Аденауер за континуираната поддршка, овозможувајќи овој ракопис да се реализира како универзитетски учебник, со што се покажува голема грижа и придонес за развојот на образовните процеси и за збогатувањето на ризницата на научни текстови достапни за научната и стручната јавност.

СОДРЖИНА:

ВОВЕД	8	
Ревитализација и регенерација на животната средина	10	
Нивоа на набљудување	11	
Перспективи на мониторингот на животната средина	13	
Автоматизирано прибирање на податоци и нивна обработка	16	
Концепти на мерење	17	
Автоматизирано мерење	17	
Сензори и мерни претворувачи на сигнал	18	
Класификација на мерните претворувачи на сигнал	18	
Спецификации на претворувачите на сигнали	20	
Избор на мерни претворувачи на сигнали	21	
Систем за прибирање на податоци (DAS)	25	
Компатибилност на мерните претворувачи со системот за прибирање податоци	25	
Подготовка на сигнали	26	
Претворање аналогни во дигитални сигнали	26	
Дигитални бројачи	27	
Видови системи за прибирање податоци	28	
Избор на систем за прибирање податоци	29	
Складирање и пристапување до податоците	30	
УПРАВУВАЊЕ СО ПОДАТОЦИ И КОНТРОЛА НА КВАЛИТЕТОТ	32	
Текстуални наспроти бинарни датотеки	33	
Текстуални датотеки	33	
Бинарни датотеки	33	
Импорт и експорт на податоци	33	
Формати на текстуални датотеки	34	
Управување со податоци	35	
Избор на софтвер за работа со податоците	36	
Складирање податоци	38	
Евалуација на квалитетот на податоците	40	
Цртање на податоците за да се пронајдат отскокнувања	41	
Разумна причина за несоодветен податок	41	
МОНИТОРИНГ НА ПОВРШИНСКИТЕ ВОДИ	42	
Променливите агрегатни состојби на водата	43	
Параметри на квалитет на водата	45	
Стандарди за водата за пиење	45	
Препорачани критериуми за квалитет на водата	50	

Еколошки критериуми за хранливи материи (нутриенти)	50
Квалитет на водата за земјоделство	50
НАЦИОНАЛНА И ЕУ ЛЕГИСЛАТИВА	51
Национална легислатива	51
Мониторинг на водите	52
Урбани отпадни води	52
Испуштање отпадни води	53
Мониторинг на испуштање отпадни води	54
Класификација и категоризација на водите	54
ЗЕМАЊЕ ПРИМЕРОЦИ ОД ВОДНАТА СРЕДИНА	60
Општо за земање примероци	60
Избор на локација за земање примероци	61
Карактеризација на просторна и временска варијабилност	61
Систематско земање примероци	62
Случајно земање примероци	62
Слоевито случајно земање примероци	62
Фреквенција и време на земање примероци	63
Прецизност и повторливост	64
Мерења на терен	65
Заштита и чување на податоците при земањето примероци	65
Обезбедување квалитет при земање примероци	67
Контрола на квалитет	68
Протокол на семплирање	68
Превенција од контаминација на примероци	69
Точност и повторливост	70
Здравје и безбедност на терен	70
Економска исплатливост на програма за семплирање	72
МОНИТОРИНГ НА ФИЗИЧКИТЕ ПАРАМЕТРИ НА ВОДАТА	72
Мерење притисок	73
Мерење проток	73
Мерење проток со ултразвук	74
Турбински протокомер	75
Мерење температура	76
Механички и електро-механички температурни сензори	76
Електронски температурни сензори	76
Термопарови	76
Отпорнички температурни сензори	78
Инфрацрвени температурни уреди	79
Предности и недостатоци на типовите сензори за мерење температура	80

Мерење заматеност и TSS	80
Методи за мерење заматеност и TSS	81
Заматеност - мерни единици и мерни методи	82
Method 180.1	84
ISO 7027	84
Стандардни методи 2130B	85
Метод за мерење заматеност "AMI Turbiwell"	87
Мерење заматеност преку методи за бистрина на водата	88
Историски метод за мерење заматеност	90
Мерење на заматеноста со дигитален мерач за заматеност	91
Нефелометрија	92
Разредување	93
Мерење заматеност со сензор	94
Разредувачки сензори за заматеност	96
МОНИТОРИНГ НА ХЕМИСКИТЕ ПАРАМЕТРИ НА ВОДАТА	97
Мерење pH на водата	98
Киселост и алкалност	100
Мерење pH вредност на растворите	101
Проектирање на системи за управување со pH	102
Неконтинуирани (Batch) системи	103
Континуирани системи	104
Избор на средства за неутрализација	107
Бази	107
Киселини	109
Мерење растворен кислород (DO)	109
Што е растворен кислород?	109
7.2.2. Потекло на растворениот кислород во водата	110
7.2.3. Заситеност на водата со растворен кислород	111
7.2.4. Влијание на растворениот кислород на живиот свет во водите	113
7.2.5. Растворен кислород во отпадните води	115
7.2.6. Методи за мерење на растворениот кислород	115
7.2.6.1. Мерење растворен кислород со користење на сензори	117
7.2.7. Оптички сензор за растворен кислород	117
7.2.8. Поларографски сензор за растворен кислород	119
7.2.9. Галвански сензор за растворен кислород	120
Мерење на соленост/спроводливост на водата	121
Мерење на соленоста на водата	124
Ефекти на водите со висока концентрација на сол	126
Мерење на кондуктивноста (спроводливоста) на водата	128

Специфична кондуктивност	129	
Отпорност и кондукција	130	
Фактори кои влијаат врз кондуктивноста	130	
СПЕКТРОМЕТРИСКИ МЕТОД НА АНАЛИЗА	132	
Основни принципи на UV/Vis апсорпциска спектрометрија		133
Законот на Беер	134	
Детекција на спектарот на апсорпција	135	
Примарна апсорпција	135	
Секундарна апсорпција	136	
Интерпретација на спектарот на апсорпција на UV/Vis		136
Примарна анализа со единечна бранова должина	137	
Примарна анализа со повеќе бранови должини	137	
Секундарна анализа со единечна бранова должина		139
Секундарна анализа со повеќе бранови должини	140	
Основни компоненти на спектроскопските инструменти		141
Инструменти наменети за UV/видлива апсорпција	143	
Инструменти за теренска анализа на UV/Vis спектарот		145
Онлајн филтер фотометри	146	
Онлајн спектрометри	147	
Апликации за анализа на води и отпадни води		147
Примарни параметри за анализа	148	
Параметри за секундарна анализа	151	
Повеќепараметарски системи	151	
Практична примена на UV/Vis спектрометарот	152	
Пример на интегриран систем за мониторинг на вода		155
БИБЛИОГРАФИЈА	159	



1.

ВОВЕД

Резервите на вода не се бесконечен природен ресурс. Без вода нема да има живот на Земјата. Еколошки чисти вода и воздух се првиот и најважен услов за постоење живот на Земјата. Брзиот социјален развој генерира огромно загадување на целата средина, вклучувајќи ги и површинските и подземните резерви на вода за пиење. Еден од најголемите предизвици на човештвото е да се задржи непречено снабдување со хемиски и биолошки безбедна вода за сите намени. Системите за мониторинг на параметрите за квалитет и квантитет на вода ни даваат навремени аларми за несакани промени во квалитетот на водата, а со тоа и повеќе време за реакција. Тие обезбедуваат континуиран мониторинг на мноштвото физички, хемиски и биолошки параметри кои овозможуваат брзо и сигурно откривање на отстапувања во системот. Зачуваните податоци овозможуваат дополнителна анализа на измерените параметри и меѓузависности.

Поимот мониторинг на животната средина е многу широк и бара мултидисциплинарен научен пристап, кој мора да ги земе предвид сите негови аспекти, вклучувајќи методи на земање примероци, карактеризација на животната средина и придружни активности. Поглавјата ги опфаќаат основните информации кои се од централно значење за мониторингот на животната средина, вклучувајќи ги и целите и дефинициите, статистиката и геостатистиката, теренските истражувања и мапирање, како и автоматското прибирање податоци, исто така, користење посебни техники на собирање примероци, со акцент на методологијата која се користи во земањето примероци од почвата, водата и воздухот. Научниците за животна средина треба да имаат вештини во базичните науки, како што се хемија, физика, биологија, математика, статистика и компјутерски науки.

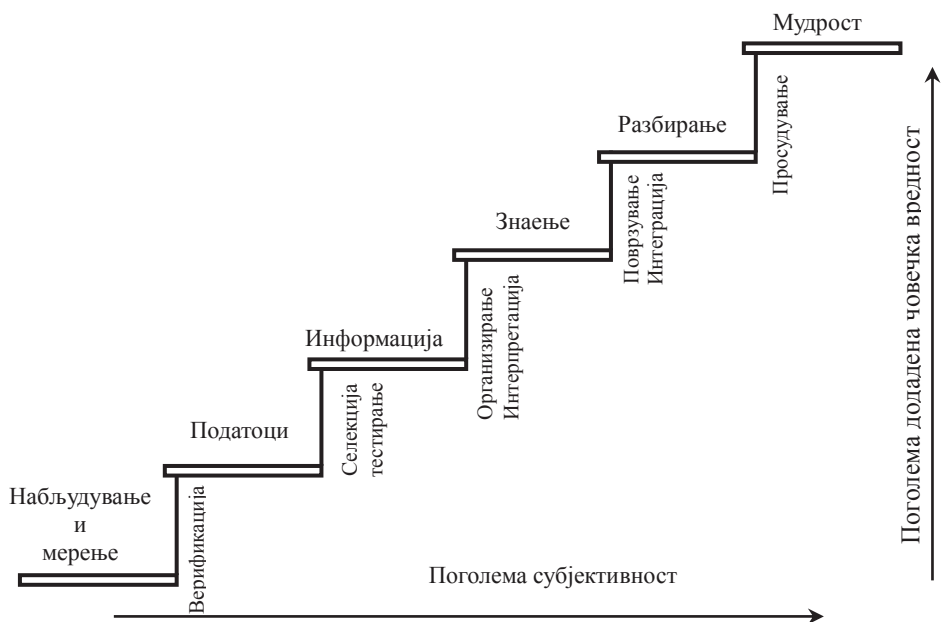
Промените во животната средина се случуваат како резултат на повеќе природни циклуси и нивни интеракции. Бројните природни циклуси на земјината животна средина се студираат во рамките на три главни научни дисциплини: хемија, физика и биологија. Научниците ја проучуваат динамиката на циклусите во животната средина (азот, вода) и нивната врска со почвата, површинските води, атмосферата и живите организми. Нестручниот набљудувач може да ја разгледува атмосферата одделно од површината на земјата, но за обучениот набљудувач животната средина е составена од интегрирани и меѓусебно поврзани циклуси и домени. Сега знаеме дека животната средина е континуитет на физички, хемиски и биолошки процеси кои не можат лесно да се одделат еден од друг. Водата, на пример, постои во три агрегатни состојби и се наоѓа внатре и на површината на Земјината кора, во атмосфе-

рата и во живите организми. Тешко е да се одделат физичките, хемиските и биолошките процеси на водата во одредена животна средина, бидејќи водата се пренесува преку границите на одделните животни средини.

Поглавјата во книгава го опфаќаат мониторингот на животната средина од сите аспекти, меѓу кои методите за земање примерок, дефинирање на различните животни средини и дополнителни апликации. Опфатени се основните информации кои се незаменливи за мониторингот на животната средина, притоа вклучувајќи ги и целите и дефинициите на мониторингот, статистиката, теренските истражувања, експериментирањето и мапирањето, како и автоматското прибирање и анализа на податоци. Се препорачува користење стандардни техники на собирање примероци, одделувајќи ги методологиите кои се користат при земањето примероци од почвата, водата и воздухот, при што треба да се вклучат сите достапни сензори, локални но и оддалечени сензори, кои се наоѓаат на недостапни локации.

Луѓето сега имаат повеќе холистички поглед кон животната средина и препознаваат многу фактори кои го одредуваат нејзиното здравје и зачувување. Тоа, следствено доведе до нов термин, биокомплексност, кој се дефинира како „Меѓузависност на елементите во рамките на специфичните еколошки системи и интеракциите помеѓу различни видови системи“. Оттука, истражувањата за одделните компоненти на еколошките системи обезбедуваат ограничени информации за самиот систем. Поради тоа ги проучуваме одржливите и обновливите наспроти необновливите природни ресурси, како и одржувањето на биодиверзитетот како услов за нашиот опстанок.

Мониторингот на животната средина е набљудување и проучување на околината. Научно, ние сакаме да собираме податоци преку кои може да изведеме знаење (слика 1). Мониторингот на животната средина ја има својата улога дефинирана во првите три чекори на скалите и таа е вкоренета во научниот пристап. Објективните набљудувања произведуваат податоци, кои по анализата се претвораат во вредни информации. Знаењето кое се добива од информациите обично води кон подобро разбирање на проблемот/ ситуацијата, со што се подобруваат шансите за донесување вредни формални одлуки. Сепак, важно е да се разбере дека други фактори, вклучувајќи ги и политичките, економските и социјалните фактори, влијаат врз донесувањето одлуки.



СЛИКА 1: Скалило на знаење. Научните набљудувања и мерења го подобруваат нашето разбирање на животната средина и водат кон мудри одлуки [3].

Информациите генерирани од активностите од мониторингот може да се користат на безброј начини, почнувајќи од разбирање на краткотрајната судбина на загрозени видови риби во мал поток, до дефинирање на долгорочните стратегии за управување и зачувување на природните ресурси преку огромни делови на земјиште.

Мониторингот на животната средина станува неопходен и незаменлив, бидејќи со зголемување на бројот на човечката популација, постојано се зголемува загадувањето на животната средина кое таа го врши. Постојат бројни примери за штетни промени во животната средина кои произлегуваат од зголемување на популацијата и човековите активности. На пример, индустриските и земјоделските револуции во изминатите 100 години произведуваат големи количества нуспроизводи и отпадоци кои до крајот на 60-тите години на минатиот век беа испуштани во животната средина без да се води сметка за последиците. Во многу делови од светот во развој, отпадот сè уште се депонира без третман. Преку мониторинг на животната средина, може да се дознае дека повеќето површински почви, водните ресурси, па дури и ледниците содржат траги на синтетички хемикалии (на пример, диоксини) и

компоненти на нуклеарни отпадоци (на пример, радиоактивен цезиум). Исто така, повеќето од површинските води, вклучувајќи ги реките и езерата, содржат траги од пестициди поради резултатите од истекувањето на водите од земјоделството и врнежите загадени со атмосферски загадувачи. Индиректните ефекти на ослободените хемикалии во животната средина се голема причина за загриженост. Јаглерод диоксидот од автомобилите и електричните центри, како и фреонот (гас за ладење), пуштени во атмосферата се причина за штетни климатски промени.

1.1. Ревитализација и регенерација на животната средина

Ревитализацијата и регенерацијата на животната средина се фокусираат на развој и имплементација на стратегии насочени кон поништување на негативните влијанија во животната средина. Антропогените активности често ја вознемируваат животната средина и сериозно го ограничуваат нејзиниот капацитет за обновување. На пример, контаминираниот почви со тешки метали често имаат рестриктивни физички, хемиски и биолошки карактеристики кои ги попречуваат самообновувањите механизми. Високите концентрации на тешки метали се токсични за растенијата и микробите, како што се корисните почвени бактерии. Микробиолошките популации во почвата ја забавуваат стапката на микробиолошки посредувано распаѓање на органската материја и циклусот на хранливи материи. Ограничената достапност на храна за растенијата доведува до слаба ил и непостоечка вегетативна растителна покривка. Во тој случај многукратно се зголемува можноста за ветерна и водена ерозија на почвата со што дополнително се деградира екосистемот, кој, исто така, може да генерира дополнителна контаминација со тешки метали. Активностите за санација се фокусираат на отстранување или третирање на контаминацијата, додека активностите за обновување се фокусираат на ревитализација на екосистемот.

Интердисциплинарниот пристап е од клучно значење за успехот на секоја активност за ревитализација или регенерација на животната средина. Активностите за ревитализација и регенерација на животната средина вклучуваат сериозен придонес од научници за животна средина и инженери, научници за почвата и водата, хидролози, микробиолози, компјутерски научници и статистичари. За да се развијат и да се имплементираат ефективни програми за мониторинг и обновување на животната средина, неопходно е да се разберат главните физички, хемиски и биолошки процеси кои постојат на локацијата и ја карактеризираат природата и степенот на загадување. Сите

потребни информации се прибираат преку активностите на мониторингот на животната средина.

1.2. Нивоа на набљудување

Во основата на мониторингот на животната средина се дефинициите за набљудување, земање примерок и мерење, како и нивните меѓусебни односи. Современата наука и инженерство ни овозможуваат да набљудуваме како микро така и глобални размери. На пример, научниците можат да ги користат субатомските честии како сонди за да ги утврдат атомските и молекуларните својства на цврстите материи, течности и гасови. Со користење на оваа технологија, научниците сега можат да измерат мали количества хемикалии во животната средина. Од другата страна, сателитските сензори рутински ја скенираат и ја мапираат целата површина на Земјата неколку пати на ден. Сепак, сите набљудувања имаат конечна резолуција во две или три димензии, што уште повеќе ја комплицира дефиницијата на нивото на набљудување. На пример, разгледајте сателитска слика на сливот од 100 km^2 , земен со една фотографија која има резолуција од 100 m^2 . Кое е нивото на набљудувањето: 100 km^2 или 100 m^2 ?

Времето е дополнителна променлива која дополнително влијае на нивото на набљудувањето. Често, временските податоци за животната средина се прибираат во дефинирана и ограничена временска рамка, бидејќи повеќето податоци (вредности) не се собираат моментално. Мерењата со пониски нивоа и во пократки интервали може да се комбинираат за да се добијат мерења со повисока временска скала. Затоа, обемот на „единечно“ набљудување не е секогаш очигледен. Мошне често скалата на мерење има скриена просторно-временска компонента. На слика 2 се прикажани дефинициите за нивоата на просторните и временските домени, соодветно. Вистинските нивоа може да изгледаат произволно, но тие го илустрираат опсегот на нивоа во кои може да се содржат податоците за животната средина.

Постојат неколку светски организации кои ги собираат и ги дистрибуираат податоците за животната средина на глобално ниво. Обединетите нации (ОН) вршат надзор над неколку организации кои го следат времето, снабдувањето со храна, населението и здравјето. Организацијата за храна и земјоделство (ФАО) го следи светското производство на храна, влезови/излези, потрошувачката на пестициди, земјоделските индекси, стоките, користењето и деградацијата на земјиштето, одгледувањето добиток, шумите и риболовот.

Другите агенции на ООН, како што се Светската метеоролошка организација (WMO), Светскиот метеоролошки набљудувач (WWW) и Светската здравствена организација (СЗО), управуваат со Глобалниот систем за следење на животната средина (GEMS), кој ги следи и дава извештаи за глобалната состојба на водата, воздухот, климата, атмосферата и контаминацијата на храна. Други организации поврзани со GEMS се Меѓународната агенција за атомска енергија (IAEA), која ги следи последиците од изотопите и Глобалниот набљудувач на атмосферата, кој ги следи атмосферските загадувачи, хлорофлуорокарбоните (CFC) и озонот.

ГЛОБАЛНО – Земја ($>10\,000\text{ km}$)

МЕЗО – Континент, држава ($>100\text{ km}$)

СРЕДНО – Воден слив, река, езеро ($>1\text{ km}$)

Подрачје – Земјоделско поле, депонија ($>1\text{ m}$)

МАКРО – Животно, билка, грутка земја ($>1\text{ mm}$)

МИКРО – Зрно песок, габи, бактерии ($>1\text{ }\mu\text{m}$)

УЛТРАМИКРО – Вируси, молекули ($>1\text{ nm}$)

А АТОМСКО – Атоми, субатомски честици ($<1\text{ nm}$)

ГЕОЛОШКИ ($>10\,000$ години)

ГЕНЕРАЦИСКИ – ЖИВОТНИ (20 - 100 години)

ГОДИШНИ (>1 година)

СЕЗОНСКИ (>4 месеци)

ДНЕВНИ (>24 часа)

ЧАСОВНИ (>60 минути)

Б ИНСТАНТНИ (<1 секунда)

СЛИКА 2: (А) Големини на просторот. Набљудувањата и мерењата може да бидат различни големини. (В) Големини на времето [3]

Голем дел од податоците за животната средина собрани од организациите на Обединетите нации се објавуваат во форма на статистички извештаи генерирани од страна на Канцеларијата за статистика на Обединетите нации (UNSO) и Меѓународната енергетска администрација (IEA). Покрај тоа, приватните институции, како што е Светскиот мониторинг центар за зачувување на животната средина (WCMC), чуваат и управуваат со сеопфатна светска база на податоци за биодиверзитетот, загрозените видови и заштитените живеалишта.

1.3. Перспективи на мониторингот на животната средина

Мора да постои компромис помеѓу потенцијално високата цена на достапната технологија во однос на вредноста добиена при нејзината примена со цел добивање почиста животна средина, врз основа на кој ќе се утврди што е во најдобар интерес на јавноста. Ефективниот пристап за работа на индустријата за континуирано подобрување на квалитетот на воздухот и водата, додека не ги оптоварува финансиски компаниите, е да се примени МАСТ (максимална остварлива управувачка технологија) или ВАСТ (најдобрата достапна управувачка технологија) анализа и постепено да се зголемат ограничувањата за одредени загадувачки супстанции во текот на еден период од неколку години.

Во анализите на МАСТ или ВАСТ се испитуваат можните алтернативи за управување со загадувањето и се споредуваат во табела тежинските фактори, како што се ефективноста на отстранувањето на загадувачите, капиталните трошоци, оперативните трошоци, очекуваниот животен век, сигурноста и сложеноста. На крајот се утврдува трошокот за секоја остварлива опција по единица волумен на отстранет загадувач, обично изразен во парични единици по тон загадувач. Обично се избира опцијата која ја има најдобрата проектирана цена по волумен на отстранет загадувач, освен ако не постојат соодветни причини да не се избере (како што е недостиг на достапно гориво, несоодветен простор за опремата или недостиг на обучен или стручен персонал за поддршка потребен за работа или одржување на системот).

Техничката корисност на управувачките системи е значително зголемена со додавање дополнителен управувач или контролер. Контролерот често се користи во форма на програмибилен логички контролер (PLC), прибирач на податоци, уред за секвенционирање со специјална намена или компјутер со доволен број влезови и излези за да обезбеди соодветна функционалност. Контролерот обезбедува автоматизирано програмирано активирање на ци-

класите за проверка и калибрација на сите системи, циклуси на вклучување и исклучување на сондите и циклус за секвенцијално управување со сондите за прибирање податоци кај голем систем за мониторинг. Контролерот треба опционално да обезбеди и функции за прибирање податоци и визуелизација, корекција за отстапување, корекција на влијанието на температурата и притисокот, конверзија на мерните единици во стандардни, мониторинг и индикација на состојбата на компонентите на системот и мониторинг и спроведување одредени дијагностички процедури за одржување. Во примена каде се бара висока доверливост на системот, како и измерените податоци, контролерот може да се користи за да ги прибере и да ги заштити измерените податоци на подолг временски период, што се овозможува преку соодветни системи за прибирање и обработка на податоци, во основа компјутерски засновани податоци и систем за известување кои би ги прибирале податоците без прекини.

Системите може да се развиваат за аналогни или дигитални мерења. Кај постарите системи, сензорите обезбедуваат аналогни излези кои се прибираат и се обработуваат од контролерот кој ги препраќа како $4 \div 20$ mA сигнали. Во поновите системи, сензорите може да пренесат сериски обликуван сигнал според протоколите RS232, RS422 или RS485 кон контролерот, кој ги обработува информациите и резултантните обработени податоци ги проследува во иста или во слична форма или во еден од типичните формати на податоци кои ги користат мрежните протоколи кон управувачкиот и компјутер за аквизиција на податоците. Кај аналогните системи мора однапред да се дефинираат најголемите вредности (опсегот на мерење) кои можат да се измерат и кои ќе добијат максимална вредност на аналогниот излез (20 mA за $4 \div 20$ mA систем). Измерените вредности кои излегуваат од опсегот на мерење на сензорите е невозможно да се зачуваат и да се анализираат, бидејќи ја компромитираат точноста на измерената вредност. При измерени вредности надвор од опсегот на мерење, многу е важно системот за мониторинг да ја забележи информацијата дека измерената вредност е компромитирана, и соодветно да алармира.

При користење апликации за мониторинг може да се употребуваат локални и далечински управувачки и индикаторски панели. Во такви случаи треба да се користат панели кои овозможуваат рачно активирање и деактивирање на вентилите, пумпите, циклусите за калибрација и да обезбедуваат индикатори за начинот на работа, соодветно мерење на нивото, протокот и притисокот, како и аларми за состојбата на сензорите и соодветна дијагностика.

Поради својата природа и корелации, податоците од животната средина тешко се пренесуваат и се анализираат. Тоа значи дека податоците не може да се користат при истражување од други истражувачи, ниту, пак, може лесно да се инкорпорираат во други измерени податоци. Поради тоа мора да се развијат нови начини за интегрирање на постоечките бази на податоци со новоизмерените податоци. Покрај тоа, постои потреба да се развијат и да се применат заеднички стандарди за еквиваленција на сите податоци од мониторингот на животната средина. Тоа значи дека треба да се користат истите комуникациски софтвери и протоколи за размена на податоци, како и исти мерни единици кои ги дефинираат измерените податоци. Универзалното усвојување на системот на единици *Systeme Internationale d'unites (SI)* ќе ја олесни размената на информации на глобално ниво и ќе го намали времето за конверзија на мерните единици, но и грешките кои се појавуваат. Исто така, големиот напредок во процесирачката компјутерска моќ, телекомуникациите и вмрежувањето овозможува брза обработка и пренос на податоци до истражувачките институции ширум светот.

Тековниот тренд во индустријата за мерни инструменти е да се поврзат „интелигентните“ сензори и анализатори кои содржат свои сопствени микропроцесори. Вообичаено, тие имаат еднозначна адреса на уредот поврзана во локален синџир на поврзување. Микропроцесорот има способност да работи самодијагностика на сензорите или анализаторите и да ги идентификува хардверските проблеми, како неправилна работа на сензорите. Оваа способност за дијагностицирање на проблемот на сензорот од оддалечена локација (користејќи компјутер, лаптоп или рачна дијагностичка алатка) има посебна вредност кога сензорите се монтирани на тешко пристапни локации, како врв на висок оцак без употреба на специјална опрема.

Паметните сензори, исто така, се способни за пренос на излезните податоци со многу поголема „дигитална“ брзина од аналогниот сигнал, кој бара подолг период на скенирање пред компјутерот или процесорот да ја одреди и да ја ажурира својата излезна вредност. Поради тоа интелигентните сензори имаат побрзо системско време на реакција (или време на скенирање). Вообичаено, мрежните интелигентни сензори се поврзани со дистрибуиран систем за управување со обичен мрежен кабел. Во тие системи, централниот процесор од управувачкиот дел на системот (исто така, познат како работна станица на операторите) комуницира преку сериски синџир на поврзување директно со секој мерен уред. Големите системи може да имаат стотици вакви уреди. Како што споменавме порано, на секој паметен уред му е доделена единствена адреса за идентификација.

Преносните мерни инструменти, исто така, доживеаја огромен развој во последните 20 години. Тоа се должи на напредокот на микроелектрониката и батериите. Развојот на технологијата за производство на батериите дозволува да се намали големината, тежината и цената на батеријата, што дополнително ги подобрува перформансите на преносните мерни инструменти. Кога се споредуваат со конвенционалните лабораториски уреди преносните мерни инструменти нудат многу предности, но и некои недостатоци.

Во глобални рамки, приспособувањето и стандардизацијата на податоците за животната средина ги бара Програмата за животна средина на Обединетите нации (UNEP), која ја обезбедува светската заедница со податоци за животната средина, вклучувајќи трендови за прогнозирање во областите кои вклучуваат проценка на животната средина, атмосферата, свежата вода, биодиверзитетот, енергијата и хемикалиите. UNEP обезбедува база на податоци за животната средина, обезбедувајќи квалитет на податоците и нивна компатибилност во целиот свет.

До неодамна, повеќето програми за мониторинг на животната средина се насочуваа кон краткорочни прашања кои се однесуваат само на благосостојбата на човекот, притоа занемарувајќи ги долгорочните промени во животната средина. Во многу индустриски земји постојат интензивни програми за мониторинг на квалитетот на воздухот и водата со цел да се заштити здравјето на луѓето од непосредна опасност. Сепак, човештвото е далеку помалку внимателно при мониторингот и заштитата на долгорочното здравје на сите видови и животната средина во целост.

Гледајќи во иднината, се чини дека најголемиот напредок во развојот на мерните инструменти за животната средина во текот на следните 10 години најверојатно ќе се насочи кон напредна технологија и намалување на трошоците во областите на:

- » Побрза обработка на податоци
- » Користење повеќе интелигентни мерни уреди
- » Поевттини анализатори
- » Микроелектромеханички уреди со употреба на нанотехнологија
- » Широка употреба на безжична телеметрија
- » Побрзо време на одзив на сензорот (поголема чувствителност, побрз одзив на промените во измерената променлива).

Подобрената способност за откривање и мерење на концентрации на загадувачите во воздухот и намалените трошоци за овие инструменти, најверојатно, ќе доведат до построги барања за чист воздух. Аналогно на тоа е забрзаниот развој на електрични и хибридни електрични автомобили, кој ќе биде замаец на технологијата за чист воздух, кој ќе го забави исцрпувањето резерви на фосилни горива.

Постојат недефинирани подрачја во познавањето на животната средина. Овој недостиг на информации се протега на минати, сегашни, па дури и идни настани. Повеќето општествени, политички и економски одлуки се донесуваат на локално, национално и глобално ниво и се поврзани со очекување дека растот на човештвото ќе продолжи непречено. Сепак, луѓето често ги злоупотребуваат или ги уништуваат живеалиштата, доведуваат некои животински и растителни видови до исчезнување и сè повеќе ги исцрпуваат ресурсите на животната средина преку загадување и нивна прекумерна употреба. Стапките на влијание врз животната средина драматично се зголемија во текот на 20 век. На геополитичко ниво, знаеме дека влијанието на човековите активности во една земја или регион се чувствува и во соседните земји. Постојат многу примери, вклучувајќи го и киселиот дожд во Канада кој произлегува од термоцентралите на јаглен во САД и загадувањето на честици во САД, кои потекнуваат од ерозија предизвикана од ветерот во Азија и во Африка.

И покрај социјалните и политичките размислувања, не можеме да ги квантифицираме или да ги предвидиме краткорочните и долгорочните импликации на многу човекови активности без соодветни информации. Потребни се повеќе податоци генерирани од мониторингот на животната средина за да се предвидат идните промени. Ако животната средина и институциите формирани од страна на човекот треба да се зачуваат за идните генерации, во иднина мора да се генерираат подеднакво распределени податоци за животната средина. Овие податоци треба да бидат генерирани на сите нивоа и треба да бидат со висок квалитет, како и да бидат корисни и разменливи.

Големи очекувања се насочени кон глобалните системи за следење од вселената (сателити), како што е Landsat серијата. Системите за сателитско следење се користат и сè повеќе ќе се користат за собирање обемни количини податоци на површината на Земјата и атмосферата во реално време. Овие системи може да обезбедат подеднаков пристап до оддалечените области на светот. Сепак, овие системи не секогаш дозволуваат да ги мериме промен-

ливите состојби на средно или на пониско ниво, поради што многу физички, хемиски и биолошки својства сè уште не може да се следат соодветно. Затоа, засега, ние мораме да продолжиме да се потпираме на мануелно земање примероци и техники за мерење за да ја процениме состојбата на животната средина. Како што напредува состојбата на научните сознанија, нашата способност да ја следиме животната средина со поефикасни, поточни и попрецизни техники и инструменти се подобрува.

1.4. Автоматизирано прибирање податоци и нивна обработка

Прибирањето податоци служи како основа за следење на животната средина. За ефикасен мониторинг на која било животна средина, треба да собираме податоци за соодветните физички големини од животната средина и потоа да ги обработиме овие податоци во соодветен формат за понатамошни анализи. Анализите може да бидат со различна намена, како предупредувања поврзани со промени на временските услови или едноставно архивирање на податоците за да се проценат долгорочните трендови, како што се промените во глобалната температура. Модерните начини за прибирање податоци при мониторинг на животната средина често опфаќаат некоја форма на систем за автоматско собирање податоци со микропроцесорски контролер. Разбирањето на автоматизирани системи за мониторинг и прибирање податоци бара сериозно познавање на физиката, електрониката и теоријата за мерење физички големини. Во ова поглавје ќе бидат опфатени основните закони на физиката и електрониката неопходни за да се разберат основните концепти на автоматско прибирање податоци, како и управувањето со податоци и контролата на квалитетот.

1.4.1. Концепти на мерење

Мерењето е една од најважните активности во сите сфери од животот како наука, трговија, комуникација, транспорт, здравје и јавна безбедност. Метрологијата е гранка на науката посветена на мерењето, која е дефинирана како процес на споредување непозната количина, наречена мерена големина со стандардна големина на позната количина. Едноставните примери на мерење вклучуваат: (1) мерење на температурата на околината во однос на стандардна скала на температура, како што е скалата на Целзиус или Келвин, или (2) мерење на должината на објектот во однос на стандардна мерна должина, како што е мерна лента.

Бидејќи сите мерења се споредба со стандардна вредност, тие мора да бидат изразени во облик на единица мерка. Мерните единици се споредуваат со сет од стандардни единици дефинирани од Systeme Internationale d'Unites (SI), систем на мерни единици. Само седум SI единици се потребни да ги изразат или да ги изведат сите други единици кои се користат за определување на мерните единици. Табела 1 ги наведува овие седум единици и нивните поврзани физички големина. Стандард е физичка застапеност на определена физичка големина, додека стандардниот протокол ги опишува процедурите потребни за создавање на стандардот. Секоја земја има национално тело за стандардизација кое ги претставува националните интереси во меѓународните организации за стандардизација, ги промовира стандардизациските активности и подготвува и усвојува доброволни национални стандарди. Основни цели на националните тела за стандардизација се преку дефинирање на карактеристиките на производите, постапките и услугите, кои ја определуваат нивната способност, да ги задоволат определените барања, квалитетот на животот и здравјето на луѓето, безбедноста на имотот и заштитата на животната средина и природата, економичноста и рационалноста во користењето на човечката работна сила, материјалите и енергијата во процесот на производство и размена на стоки, индустриска ефикасност по пат на намалување и усогласување на разновидноста на одделни производи, процеси и услуги.

1.4.2. Автоматизирано мерење

Денес повеќето мерења се изведуваат со автоматска опрема. Слика 3 на едноставен начин го покажува процесот потребен за автоматско мерење на некој параметар на животната средина. Две основни компоненти се потребни за да се автоматизираат мерењата: (1) инструмент за мерење наречен сензор или мерен претворувач и (2) систем за прибирање податоци (Data acquisition system □ DAS). Улогата на сензорот е да го измери физичкиот параметар и да генерира електричен излезен сигнал. Улогата на системот за прибирање податоци е мониторирање на излезниот сигнал на сензорот и обработка на добиените податоци во форма која може да биде разбрана од страна на крајниот корисник.

ТАБЕЛА 1: Седум основни единици на SI системот

Физичка големина	Единица	Ознака
Должина	метар	m
Маса	килограм	kg
Време	секунда	s
Електрична струја	Ампер	A
Интензитет на светлина	Кандела	Cd
Температура	Келвин	K
Количина на супстанција	Мол	mol

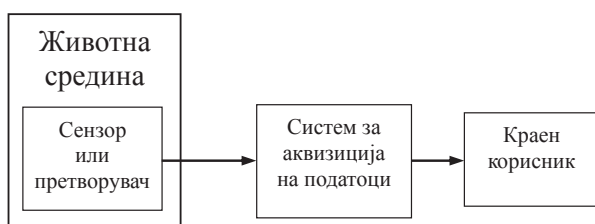
1.4.3. Сензори и мерни претворувачи на сигнал

Сензорските мерни уреди, познати како мерни инструменти, најчесто се нарекуваат сензори или мерни претворувачи. Сензорот е уред кој детектира и реагира на сигнал или стимулација, додека мерен претворувач е уред кој ја претвора влезната енергија од еден облик во излезна енергија со друг облик. Кога се изведуваат автоматски мерења, обично се користат инструменти кои ги содржат и сензорот и мерниот претворувач. На пример, температурата може да се мери со сензор познат како термистор, кој е керамички материјал што покажува промена на електричниот отпор како одговор на промена на температурата. Излезот на овој сензор не може директно да се користи, освен ако не можеме да ги мериме промените во електричниот отпор. Со поставување термистор во електричен мост, може да се измери излезен напон кој е поврзан со отпорноста на термисторот. Така, термисторскиот сензор, заедно со поврзаните електрични кола, претставува инструмент кој ја претвора топлинската енергија во електричен напон. Мерниот инструмент се нарекува температурен претворувач. Некои сензори, исто така, служат како претворувачи, бидејќи директно ја конвертираат енергијата (слика 4). Силициумските соларни ќелии ја претвораат енергијата на светлината во електрична струја и термопаровите, кои ја претвораат топлинската енергија во електричен напон, се пример за сензори кои се и претворувачи на сигнал. Сепак, многу сензори бараат дополнителни електрични кола за да генерираат мерлив излезен сигнал.

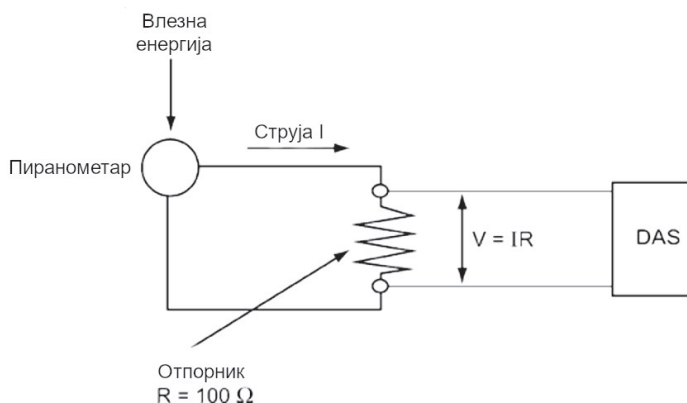
1.4.4. Класификација на мерните претворувачи на сигнал

Мерните претворувачи се класифицираат во две категории: активни и пасивни претворувачи на сигнали. Активните мерни претворувачи бараат дополнителна надворешна енергија за генерирање излезен сигнал кој може да се

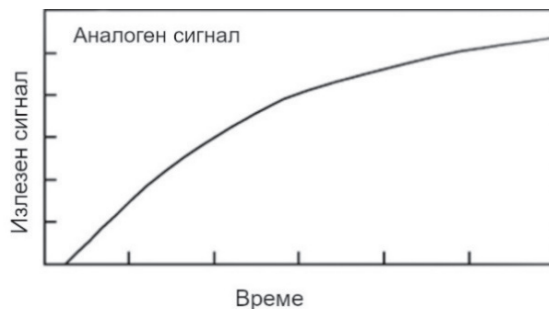
мери со систем за прибирање податоци. Со други зборови, активните сензори мора да се активираат. Примери за активни мерни претворувачи вклучуваат термистори, отпорнички трансмитери за поместување и сензори за влажност со променлива капацитивност. Активните мерни претворувачи обично генерираат излезни сигнали кои се полесни за следење со систем за прибирање податоци. Пасивните мерни претворувачи генерираат излезен сигнал без дополнителен надворешен извор на енергија. Примери за пасивни мерни претворувачи вклучуваат термопарови, силициумски пиранометри (слика 4) и фотоволтаични сензори. Едноставноста и ниската цена на овие сензори често се неутрализира, затоа што генерираат мали излезни сигнали кои бараат дополнителни електрични кола, како што е засилувачот на сигналот пред мерењето со систем за прибирање податоци. Излезниот сигнал од мерниот претворувач може да биде во аналоген или дигитален формат.



СЛИКА 3: Процесот на мерење во животната средина подразбира поставување сензор или претворувач на сигнал во животната околина и поврзување со систем за прибирање податоци.



СЛИКА 4: Електрично коло кое се состои од пиранометар и отпорник. Пиранометарот генерира електрична струја пропорционална на флуksот на влезната енергија. Промената на електричниот потенцијал (V) резултира како струја која тече низ отпорникот.



СЛИКА 5: Аналогните сигнали се континуирани со текот на времето.

Аналогните сигнали се континуирани сигнали кои се менуваат на начин пропорционален на промената на мерниот сигнал (слика 5). Спротивно на аналогните сигнали, дигиталните сигнали (слика 6) имаат две дискретни состојби кои може да се опишат како „вклучено/исклучено“ или „да/не“. Повеќето физички и еколошки променливи се менуваат на континуиран начин, така што најголемиот дел од претворувачите генерираат аналогни излезни сигнали. Овие излезни сигнали се електрични по природа и обично се појавуваат како напон (електричен потенцијал) или струја (проток на електрично полнење). Напонските излезни сигнали се класифицирани како наизменична струја (AC) или еднонасочна струја (DC). Излезните сигнали кои користат наизменична струја осцилираат периодично (синусоидно) околу некој среден напон, бидејќи струјата во колото на претворувачот на сигнал се менува во двете насоки. За еднонасочна струја, сигналот на претворувачот секогаш се менува во една насока. Повеќето претворувачи на сигнал генерираат нисконапонски DC излези, кои се релативно едноставни за мерење. Омовиот закон, кој ја опишува врска помеѓу електричниот потенцијал и протокот на струја во коло, се однесува само на едноставните DC кола. Разбирањето на едноставниот концепт на Омовиот закон може да се покаже корисно при мерењето.



СЛИКА 6: Дигиталните излезни сигнали флукутираат помеѓу две дискретни нивоа, како што се вклучено/исклучено или високо/ниско.

1.4.5. Спецификации на претворувачите на сигнали

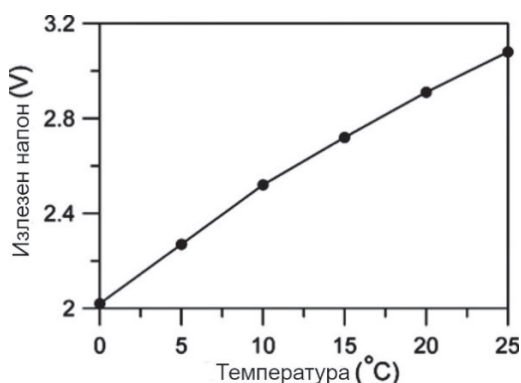
Производителите применуваат серија тестови за калибрирање и оценување на перформансите на мерните претворувачи на сигнали при различни надворешни услови. Резултатите од овие тестови се сумирани во документ кој се нарекува спецификации на мерниот претворувач. Разбирањето на информациите содржани во спецификацискиот лист во голема мера може да ги подобри шансите за правилно мерење. Целосен преглед на информациите наведени во спецификацискиот лист е невозможно да се пренесе, бидејќи ќе бидат вклучени премногу детали, но, сепак, треба да се разгледаат некои од поважните информации што најчесто се наоѓаат на спецификациите. Пример за тестовите на мерните претворувачи при различни надворешни услови се дадени во табела 2 и на слика 7.

Спецификациите на мерните претворувачи на сигнали генерално спаѓаат во три категории: статички, динамички и еколошки. Важни статички спецификации вклучуваат точност, прецизност, резолуција и чувствителност, линеарност и хистерезис.

ТАБЕЛА 2: Пример на пресметка на проток на струја и вредности на напонот во едноставниот термисторски круг (слика 7) при различни температури

Температура (°C)	Отпорност на термистор (Rt) (Ohm)	Фиксна отпорност (Rf) (Ohm)	Струја на струја (mA)	Напон наспроти Rf (Волти)	Напон наспроти Rt (Волти)
0	9 800	10,000	0,202	2,02	1,98
5	7 600	10,000	0,227	2,27	1,73
10	5 900	10,000	0,252	2,52	1,48
15	4 700	10,000	0,272	2,72	1,28
20	3 750	10,000	0,291	2,91	1,09
25	3 000	10,000	0,308	3,08	0,92

Колоната 2 ја дава отпорноста на термисторскиот елемент при температури-те прикажани во колона 1.



СЛИКА 7: Напонски излез на термисторското коло како функција од температурата.

1.4.6. Избор на мерни претворувачи на сигнали

Одлуката кој мерен претворувач на сигнали ќе се избере зависи од голем број фактори, вклучувајќи: (1) потребната точност, резолуција и прецизност на мерењата, (2) условите на околината, (3) кој систем за прибирање податоци се користи за мониторинг и (4) цената на мерниот претворувач. Првиот чекор е да се одреди потребната точност, резолуција и прецизност на предложеното мерење, бидејќи поголема точност, прецизност и резолуција обично резултираат со зголемени трошоци. Ако е целта да се измери температура со точност од $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, би било непотребно да се купи поскап сензор со точност до $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$. Следниот чекор е да се одреди средината во која ќе се користи мерниот претворувач. Треба да се земат предвид условите од животната средина кои можат да влијаат врз мерењето, како што се температурата, влажноста, вибрациите и контаминацијата, по што се врши избор на мерен претворувач кој е соодветен за тие услови во животната средина. Прегледот на спецификациите на мерните претворувачи од аспект на животната средина може многу да помогне кај прашањата поврзани со толеранциите во животната средина.

Некои мерни претворувачи треба да користат конвенционален високонапонски извор на напојување (на пример, 120 или 240 V AC) за да функционираат правилно. Ако мерниот претворувач треба да се користи во оддалечено опкружување со ограничено напојување, тогаш треба да се изберат мерни претворувачи со ниска потрошувачка на енергија. На пример, ако во спецификациите е наведен напон 5V DC и максималната струја од 5 mA, тогаш моќноста на мерниот претворувач (P) е:

$$P = 5V \times 0.005A = 0.025W = 25mW$$

Статичките карактеристики се однесуваат на перформансите на мерниот претворувач кога сензорот работи во стабилна состојба (мерната променлива не се менува).

Точноста се дефинира како разлика помеѓу измерената вредност и вистинската вредност на параметарот и генерално е прикажана како максимална грешка што може да се очекува во мерењето. Точноста најчесто се изразува како процент од вкупниот излез (најголем излез) на мерниот претворувач. На пример, ако се користи температурен сензор со точност од 1 % од максималниот излез кој е $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, тогаш мерниот претворувач треба да ја мери температурата до $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1 % од $50\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Прецизността се дефинира како варијација во излезот на мерниот претворувач кога се повторуваат мерните вредности. Инструментот со висока прецизност генерира мала варијација во излезот кога постојано се мери статичната мерка, додека инструментот со ниска прецизност генерира поголеми варијации во излезот под исти услови. Прецизността често се меша со точност, но двата параметра се разликуваат. Прецизността се однесува само на варијацијата на излезните вредности од инструментот и не укажува дали вредностите се точни.

Резолуцијата е дефинирана како најмала промена во мерниот уред што може да се детектира од страна на мерниот претворувач. Резолуцијата може да биде претставена или како апсолутна вредност (на пример, $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) или процент од целосната вредност. На пример, кај температурниот сензор со максимален излез од $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, резолуција од 1% би значела најмала промена која мерниот претворувач може да ја детектира е 1% од $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ или $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Чувствителноста е дефинирана како промена во излезот на мерниот претворувач што се јавува како одговор на дадена промена во мерната големина. На пример, чувствителноста на термопар од бакар-константа е $40\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ кога се користи за мерење на температурите во амбиенталниот опсег.

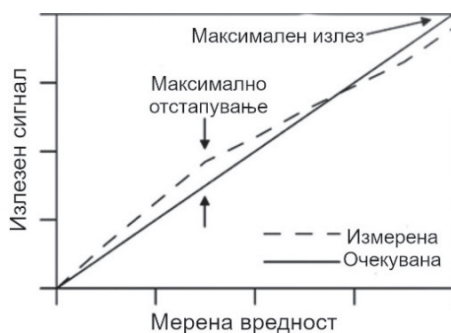
Линеарност. Пожелно е сензорот да генерира линеарен излез како одговор на промените на мерната големина (слика 8). Повеќето мерни претворувачи се конструирани за да обезбедат линеарен одзив на промените на мерната променлива, но сите помалку или повеќе отстапуваат од посакуваната линеарност. Отстапувањето најчесто се претставува како процент од максималната измерена вредност. Да претпоставиме дека за температурен сензор максималното отстапување од очекуваниот линеарен излез е $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, при максимален излез од $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Линеарноста се пресметува на следниот начин: $(100\% * [0,2\text{ }^{\circ}\text{C}/50\text{ }^{\circ}\text{C}])$, што е еднакво на $0,4\%$ од максималната вредност.

Хистерезисот се дефинира како разлика во излезните вредности кои одговараат на истите мерења во зависност од тоа дали мерната променлива се зголемува или се намалува. Слика 9 дава визуелна претстава за хистерезис. Испрекинатата крива на слика 10 го покажува излезот на сензорот, кога мерната променлива се зголемува и потоа се намалува преку целосниот работен опсег на мерниот претворувач. Максималната разлика во излезот што произлегува од хистерезисот обично е изразена како процент од максимално измерената вредност.

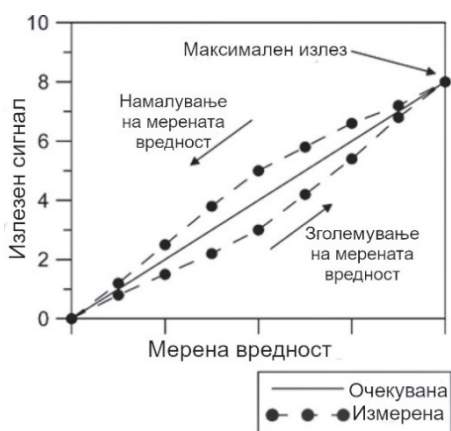
Динамичките спецификации се однесуваат на перформансите на сензорот кога се менува мерната големина (не е во стабилна состојба). Две динамички спецификации кои најчесто се среќаваат на спецификацискиот лист се:

- » Времето на одсив е дефинирано како време потребно за сензорот целосно да реагира на промена во облик на отскочен влез во мерната променлива и генерално е претставено како време потребно за излезот на мерниот претворувач да достигне 95 % $\square$ 98 % од референтната влезна промена во мерната големина.
- » Временска константа е времето потребно за излезот на сензорот да изнесува 63,2 % ($1 - [1/e]$) од референтната влезна промена. Често се зема оваа вредност наместо време на одсив (слика 10).
- » Спецификациите на мерниот претворувач од аспект на животната средина се однесуваат на неговите перформанси кога се работи во агресивни животни средини. Тие се дизајнирани да му помогнат на корисникот во одредувањето дали конкретниот мерен претворувач ќе функционира при одредена мерна задача. Четири најважни спецификации на мерниот претворувач од аспект на животна средина се температура, влажност, притисок и вибрации.
- » Температура. Влијанието на температурата на перформансите на мерниот претворувач може да се изрази на неколку начини. Спецификација на вообичаена мерна температура е оперативен опсег на температури при кои мерниот претворувач ќе работи со пропишаните грешки на мерење. Работен опсег може да биде од $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Меѓутоа, дури и во рамките на работниот опсег кај мерниот претворувач може да се појават грешки поголеми од пропишаните поради промената на температурата. Грешките при мерењето на температура може да бидат изразени како процент од максималната вредност измерена во степени која може да ја измери сензорот или како предизвикани промени во сензитивноста по измерен степен.
- » Влажност. За секој мерен претворувач или сензор е важно да е специфициран работниот опсег на влажност. Ако мерниот претворувач е поставен на отворено или во заситена внатрешна средина, особено е важно да се забележи дали сензорот може да толерира кондензирана средина. Нормално, спецификациите за влажност ќе вклучуваат и работен опсег и етикета „кондензирачки“ или „некондензирачки“, за да се покаже дали сензорот е дизајниран да издржи работа во течна вода што резултира со заситена околина. На пример, спецификацијата за влага може да биде прикажана како релативна влажност од 0 % до 95 %, без кондензација.

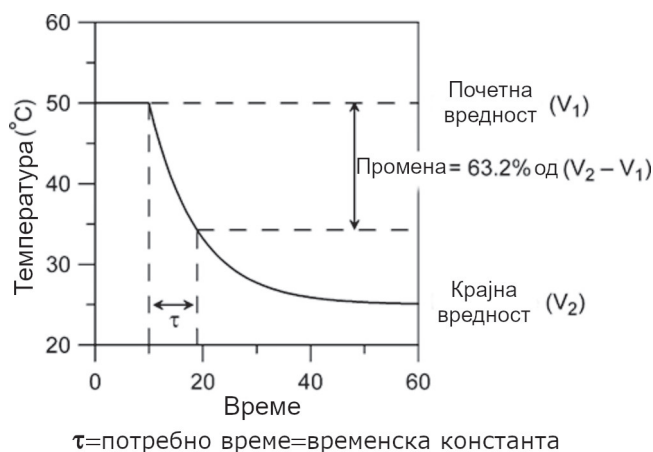
» Притисокот може да има влијание врз перформансите на сензорот, особено ако мерните претворувачи треба да се потопат во вода или да се инсталираат во услови на низок притисок, како, на пример, при високи надморски височини. Спецификација на вообичаен измерен притисок е грешката при мерењето која се дефинира како максимална промена на излезот при промена на амбиенталниот притисок. Вибрациите може да имаат сериозно влијание врз перформансите на мерниот претворувач кога се користи кај авиони, возила и машини. Спецификациите за вибрација генерално ја покажуваат амплитудата и фреквенцијата на вибрациите кои може да се толерираат или грешката која произлегува од примената на вибрации на мерниот претворувач.



СЛИКА 8: Сите сензори покажуваат извесно отстапување од идеалниот или очекуваниот линеарен одзив. Спецификацијата на линеарноста се дефинира како максимално отстапување од линеарноста изразено како процент од максималниот измерен излез.



СЛИКА 9: Резултатите од хистерезисот кога излезните вредности се разликуваат во зависност од тоа дали мерната променлива се зголемува или се намалува. Спецификацијата на хистерезисот е максимална девијација изразена како процент од максималната измерена вредност на излезот.



СЛИКА 10: Временската константа е мерка за тоа колку брзо сензорот реагира на отскочна промена на мерната променлива.

1.5. Систем за прибирање податоци (DAS)

Системот за прибирање податоци го зазема вториот блок од општиот дијаграм кој го опишува процесот на мерење (слика 3). Во минатото резултатите од мониторингот на еколошките променливи беа следени со аналогни графички рикордери кои обезбедија континуирано снимање на предметните параметри. Денес, графичките рикордери и долготрајниот процес на екстракција и анализа на податоци преку интеракција со човекот се застарени, благодарение на брзиот развој на микропроцесорите и дигиталните компјутери. Современите дигитални системи за прибирање податоци можат да го следат и да го процесираат излезот на повеќе мерни претворувачи кои мерат параметри на животна средина и сега се составен дел на мониторингот на животната средина со точност и брзина неостварливи и незамисливи пред само неколку децении.

1.5.1. Компатибилност на мерните претворувачи со системот за прибирање податоци

Компатибилноста на мерните претворувачи со системот за прибирање податоци е суштински аспект на процесот на селекција на мерниот претворувач. Важни прашања кои треба да се земат предвид при проценка на компатибилноста на мерниот претворувач и системот за прибирање податоци се:

1. Може ли системот за прибирање податоци да го прифати излезниот сигнал од мерниот претворувач? На пример, мерниот претворувач што генерира излезен сигнал во рангот од 0 до 12 V DC, нема да биде директно компатибилен со системот за прибирање податоци што прифаќа сигнали кои се движат од 0 до 5 V DC. Излезниот сигнал би предизвикал состојба на заситување на влезот во системот за прибирање податоци. Треба да се додадат дополнителни електрични кола (на пример, делител на напон) на мерниот претворувач пред сигналот да се појави на влезот на системот за прибирање податоци. Општо е препорачливо да се обезбедат мерни претворувачи кои се компатибилни со системот за прибирање податоци во потполност без модификација.

2. Дали мерниот претворувач има потреба од активирачки сигнал, и дали може системот за прибирање податоци да го обезбеди активирачкиот сигнал? Често, овие сигнали за активирање доаѓаат во форма на едноставни нисконапонски AC или DC возбудни уреди. На пример, ако мерниот претворувач има потреба од сигнал за активација од 12 V DC и системот за прибирање податоци е способен за обезбедување DC активирачки сигнали во опсегот од 0 до 5 V, мерниот претворувач и системот за прибирање податоци не се компатибилни.

3. Може ли системот за прибирање податоци да биде конфигуриран да го изврши мерењето со потребната резолуција и соодветна фреквенција? Две карактеристики на системот за прибирање податоци кои можат да ја ограничат способноста ефективно да изврши мерење се брзината на семплирање на системот за прибирање податоци и резолуцијата на аналого-дигиталните претворувачи.

1.5.2. Подготовка на сигнали

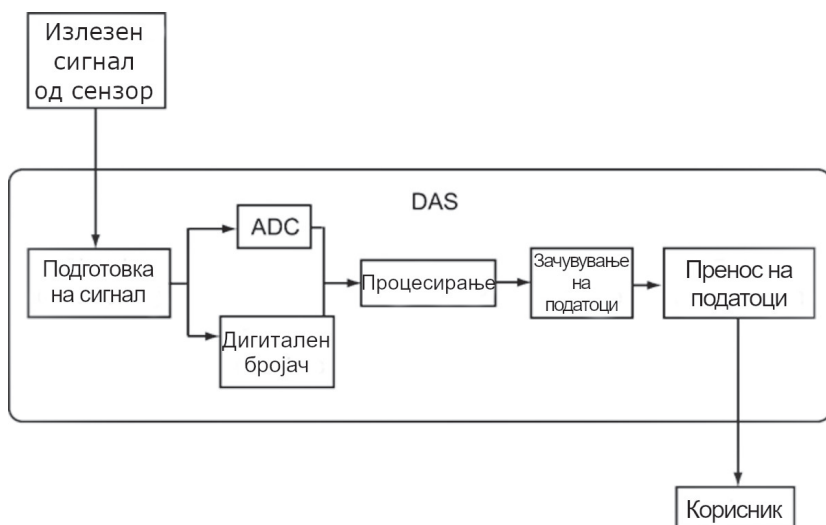
Првата функционална компонента на системот за прибирање податоци е уредот за подготовка на сигнали (слика 11). Примарната улога на уредот за подготовка на сигналите е да го модифицира излезниот сигнал од мерните претворувачи, така што сигналот да се совпадне со потребните влезни карактеристики на системот за прибирање податоци. Примери за модификација на сигналите се засилување на сигнали со мала амплитуда од уреди кои имаат мало ниво на излезот, како што се термопарови и пиезоелектрични

уреди, и филтрирање, за да се отстранат несаканите компоненти или шумот во излезниот сигнал на мерниот претворувач. Како што претходно е наведено, активните сензори бараат возбуда за правилно функционирање. Уредот за подготовка на сигналите ги вклучува потребните електрични кола за генерирање на потребните сигнали за активирање или возбуда.

1.5.3. Претворање аналогни во дигитални сигнали

Откако излезот од мерниот претворувач е правилно подготвен, сигналот се насочува кон аналого-дигитален претворувач (ADC), кој ги претвора аналогните сигнали во дигитален (бинарен) формат потребен за обработка. Во дигитален формат, нашите броеви кои се со основа 10 (декаден броен систем) се појавуваат како низа од единици и нули. Важна карактеристика на процесот на претворање од аналоген во дигитален сигнал е резолуцијата на конверторот која е опишана преку број на битови. Бројот на битови на аналого-дигиталниот претворувач претставува должина на бинарната излезна вредност што произлегува од самиот аналого-дигитален претворувач. Вообичаена резолуција на аналого-дигиталниот претворувач е 8 и 12 бита. Во суштина, аналого-дигиталниот претворувач го дели максималниот опсег на аналогниот влез во 2^n бита, каде што n е резолуцијата на претворувачот во битови. Големината на секој сегмент претставува резолуција на претворувачот или, со други зборови, најмалата промена на влезниот сигнал што ќе биде детектирана од страна на конверторот. На пример, имаме аналоген влезен сигнал со опсег од 0 до 5 V кој се обработува со 8-битен аналого-дигитален претворувач. Претворувачот го дели 5 V опсег во 28 или 256 сегменти со секој сегмент еднаков на 5 V/256 или 0,195 V. Така, аналого-дигиталниот претворувач може да детектира само промени во влезниот сигнал кој е еднаков или надминува 0,195 V. За споредба, 12-битниот аналого-дигиталниот претворувач ќе го дели 5 V опсегот во 512 или 4096 сегменти, што ќе ја зголеми резолуцијата до 5 V/4096 или 0,00122 V. Јасно, 12-битниот аналого-дигитален претворувач има многу повисока резолуција од 8-битниот претворувач. Фактор во изборот на аналого-дигиталниот претворувач е, секако, цената, бидејќи таа се зголемува со зголемување на резолуцијата. Времето потребно за обработка на аналого-дигиталниот претворувач претставува втор фактор. Процесот на конвертирање на аналогните сигнали во дигитален формат вклучува споредување на влезниот сигнал со познати сигнали генерирани внатрешно од самиот претворувач. Високата резолуција на претворање бара повеќе споредби, а со тоа и подолг период на обработка. Доколку бр-

зината на земање примероци или фреквенцијата на прибирање податоци го надминува времето за обработка на аналого-дигиталниот претворувач, семплираните точки ќе бидат изгубени.



СЛИКА 11: Блок-дијаграм кој ги прикажува основните компоненти на системот за прибирање податоци (DAS) [1].

1.5.4. Дигитални бројачи

Наизменичните сигнали за вклучување/исклучување се, на пример, магнет поставен на ротирачкото вратило кој може да вклучува прекинувач секој пат кога вратилото ротира за цел круг. Бројот на вклучување на прекинувачите снимени во текот на одреден временски интервал ќе ја измери брзината на ротација на вратилото. Сигналот од интерес — затворањето на прекинувачот очигледно е дигитален излез, но, сепак, бројот на затворања на прекинувачот со текот на времето е мерење на променлива од интерес. Многу дигитални системи за прибирање податоци можат да бројат дигитални влезови кои можат да бидат прекинувачи или излезни напони што се менуваат помеѓу две дискретни „дигитални“ нивоа. Овие дигитални бројачи, како аналого-дигитални претворувачи, се оценуваат врз основа на бројот на битовите (n) од максималниот бинарен број, во кој може да се сместат (2^n), и можат да бидат од 8 до 14-битни.

1.5.5. Видови системи за прибирање податоци

Постојат два вида системи за аквизиција на податоци: специјализирани системи и системи за општа намена. Специјализираните системи за прибирање податоци се дизајнирани да го следат излезот на одреден мерен претворувач и вообичаено ги обезбедува производителот на мерните уреди. Специјализираните системи се генерално полесни за користење, бидејќи тие се дизајнирани да се поврзуваат со специфичен сет на мерни претворувачи. Често, специјализираните системи за прибирање податоци се дизајнирани да бидат „plug and play“ уреди, што значи дека корисникот едноставно го поврзува сензорот, а потоа го конфигурира системот за прибирање податоци користејќи софтвер дизајниран за соодветната комбинација составена од систем за прибирање податоци и мерен претворувач. Чести слабости на специјализираните системи се: (1) недостиг на компатибилност со сензори од други производители, (2) намалена флексибилност на системот за прибирање податоци, која може да ги ограничи видовите мерења што може да ги направи, (3) идна компатибилност со нови сензори. Системите за прибирање податоци за општа намена нудат многу поголема флексибилност, бидејќи може да се конфигурираат и да се справат со речиси сите видови мерења и мерни уреди, вклучувајќи аналогни и дигитални влезови, напони и струи. Сепак, системот за прибирање податоци за општа намена обично е потешко да се користи, бидејќи корисникот мора да има поголеми познавања за сензорите, нивните излезни сигнали и конекцијата и интерфејсот со системот за прибирање податоци. Системите за прибирање податоци за општа намена може да се поделат во три општи облици: (1) самостојни логери за податоци, (2) модуларни компонентни системи кои мора да се состават за да се создаде системот за прибирање податоци, (3) едноставни компјутерски картички. Самостојните логери на податоци се типични системи за прибирање податоци со ниска моќност кои работат без стандардните АС напојувања и батерии. Модуларните компонентни системи му овозможуваат на корисникот да го приспособи системот за прибирање податоци за да ги задоволи специфичните потреби. Кај модуларните системи може да се бираат компоненти, вклучувајќи ги единиците за подготовка на сигнали, аналого-дигиталните претворувачи, модули за обработка, уреди за складирање и излезни приклучни интерфејси. Очигледната предност на модуларните системи за прибирање податоци е тоа што системот може да се промени или да се прошири со едноставно менување на компонентите. Модуларните системи бараат значително знаење и искуство со инструменти и системите за прибирање податоци, што може да биде неповолно за почетниците. Најчесто користени

системи за прибирање податоци се состојат од компјутер во комбинација со картичка на која се наоѓа системот за прибирање податоци. Системот за прибирање податоци се креира со инсталирање картичката за прибирање податоци во приклучокот за дополнителни картички на компјутерскиот систем, по што се вчитува придружниот софтвер за прибирање податоци на меморијата на компјутерот. Софтверот му овозможува на корисникот да го програмира системот за прибирање податоци, со цел да врши конкретни мерења во одредени интервали и да ги складира добиените вредности на различни излезни уреди (најчесто различни типови мемориски уреди). Картичките за прибирање податоци се достапни за мерење голем број променливи и честопати трошоците на картичката и персоналниот компјутер (PC) заедно се многу пониски од самостоен или модуларен систем за прибирање податоци. Сепак, системот за прибирање податоци составен од комбинација на персонален компјутер и картичка за прибирање податоци обично не е доволно робуствен за континуирана употреба на терен.

1.5.6. Избор на систем за прибирање податоци

Врз изборот на системот за прибирање податоци влијаат голем број фактори. Еден од најважните фактори е компатибилност на системот за прибирање податоци со сензорите и мерните претворувачи на сигнал. Многу е важно од самиот почеток да се изврши идентификација на потребната точност, резолуција и фреквенција на планираното мерење, и да се осигура компатибилност на системот за прибирање податоци, но и правилно да се конфигурира со цел да изведува точни мерења. На пример, еден температурен сензор кој работи во опсег од 0 до 50 °C со наведена точност од 0,1 % од целосниот излез и осетливост од 0,2 V/°C. Точноста на мерниот претворувач е 0,1 % од 50 °C или 0,05 °C. Со наведената чувствителност од 0,2 V/°C, системот за прибирање податоци мора да биде способен да ги разликува напонските излези на сензорот од 0,01 V ($0,05\text{ °C} \cdot 0,2\text{ V/°C} = 0,01\text{ V}$) за да се добие целосната мерна вредност со специфицираната прецизност на мерните претворувачи. Или, на пример, аналого-дигиталниот претворувач на системот за прибирање податоци има 8-битна резолуција на излезниот опсег од 0 до 10 V на мерниот претворувач, системот за прибирање податоци ќе може да ги разликува промените во напонот на мерниот претворувач еднаков на $10\text{ V}/256 = 0,039\text{ V}$. Во оваа ситуација, резолуцијата на системот за прибирање податоци ја ограничува точноста на измерените температури на 0,195 °C ($0,039\text{ V}/0,2\text{ V/°C}$). За да се добие мерење на температурата со доволна резолуција за целосно

да се реализира номиналната точност на температурниот мерен претворувач, системот за прибирање податоци би требало да има 12-битен аналого-дигитален претворувач. 12-битниот аналого-дигитален претворувач ќе ги разликува промените во напонот еднакви на $10\text{ V}/4096 = 0,002\text{ V}$, што е помалку од промената од $0,01\text{ V}$ поврзана со оценетата точност на мерниот претворувач. Примерите покажуваат дека точноста на одредено мерење е ограничена од компонентата на процесот на мерење кој има најмала мерна прецизност. Модерните системи за прибирање податоци не ги следат континуирано аналогните сигнали, туку прават серија дискретни мерења во текот на времето. Посакуваната цел е да може верно да го создаде вистинскиот аналоген сигнал од овие дискретни мерења. Проблемите се јавуваат кога брзината на земање примероци е слична на промената на фреквенцијата на сигналот, што резултира со скратување на податоците (data aliasing). Кога ќе се случи тоа, новокреираниот сигнал од системот за прибирање податоци содржи лажни, ниски фреквенции на осцилации (слика 12). Скратувањето на податоците може да се надмине ако стапката на земање примероци на системот за прибирање податоци е над Никвистовата фреквенција, која е дефинирана како два пати поголема фреквенција од највисоката флукуација на фреквенцијата во излезниот сигнал. За периодичен сигнал кој треба квалитетно да се пресоздава од мерниот претворувач, кај системот за прибирање податоци брзината на семплирање мора да има фреквенција еднаква на 2 или повеќе пати од фреквенцијата на сигналот. На првата слика е прикажан синусоидален аналоген излезен сигнал. Овој сигнал е пресоздаден од податоците собрани од системот за прибирање податоци, кој го семплира сигналот 6 пати (среден графикон) и 0,8 пати (долниот графикон) по фреквенцијата на сигналот. Оригиналниот сигнал може да се пресоздаде со голема точност при висока брзина на земање примероци. При ниска брзина на земање примероци, настанува загуба на информација, при што пресоздадениот сигнал содржи ниска фреквенција која не личи на оригиналниот излезен сигнал.

Мерење во животната средина. Системот за прибирање податоци мора да биде компатибилен со мерните променливи во средината. Екстремните средини (екстремни температури, вибрации, заситени атмосфери) бараат специјални мерни претворувачи и системи за прибирање податоци дизајнирани за екстремни услови. Сите системи за прибирање податоци доаѓаат со спецификации за животната средина кои треба да се прегледаат за да се обезбеди опремата да може да изврши правилни мерења. Опремата на системот за прибирање податоци треба да биде во кутии на кои не влијаат окол-

ните услови и да може да се регулира влажноста. Неадекватно напојување е честа причина за неуспешно собирање податоци. Мерните претворувачи и системот за прибирање податоци кои користат минимална моќност или можат да работат без надворешно напојување се поволни кога се прават мерења во оддалечените области подалеку од конвенционалните извори на електрична енергија. Соларните панели и батериите за полнење најчесто се користат за напојување во оддалечени средини и мора да бидат конструирани за да се справат со екстремните температури и достапната сончева енергија (на пример, зима наспроти лето).

Обработка на податоци на мерното место. Податоците што произлегуваат од аналого-дигиталното претворање и дигиталните бројачи во дигитален формат мора да се обработат. Уредите за обработка обично користат микропроцесор кој се управува преку соодветни програми. Исто така, постојат дефинирани мемориски локации кои се користат за складирање податоци кои треба да се обработат или на резултатите од почетните пресметки. На пример, ако системот за прибирање податоци семплира аналоген сигнал во секоја минута и е програмиран да пресмета средна вредност на сигналот на секои 15 минути, процесната меморија може да се користи за чување збирни примероци од аналогните сигнали додека не поминат потребните 15 минути како време за усреднување. Следниот чекор за заштеда на простор може да биде да се избришат 15-те точки со добиени податоци и да се зачува само просечната 15-минутна вредност. Обработката на самото место е особено важна ако планираните мерења треба да се користат во реално време за да генерираат предупредување или управување со процесот. Други позитивни аспекти на обработка на лице место вклучуваат намалени трошоци поврзани со трансфер, намалување и складирање податоци.

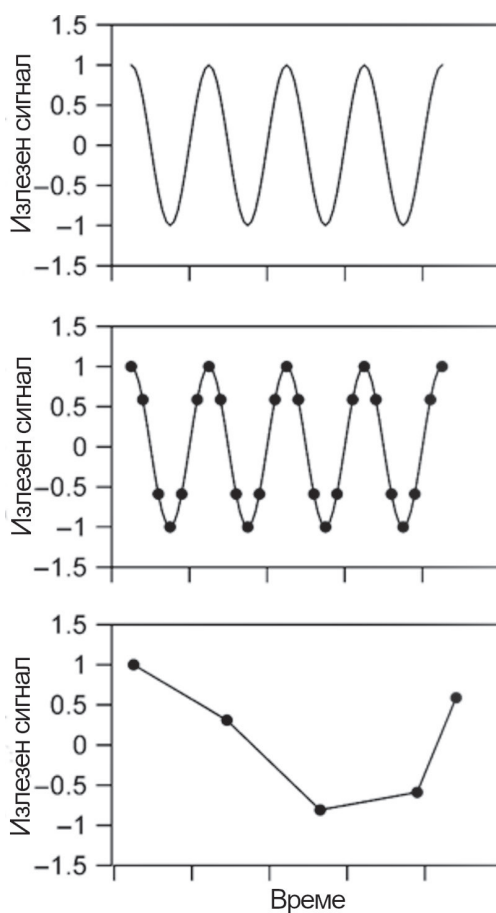
1.5.7. Складирање и пристапување до податоците

Системот за прибирање податоци мора да обезбеди соодветно складирање на податоците за да се избегне нивно губење. Складирањето податоци на мерното место служи како привремено складиште за податоци собрани помеѓу последователни мерења. Внатрешната меморија и периферните уреди, како дискови или ЦД-РОМ дискови, исто така, можат да служат за складирање податоци на мерното место. Може да се користи надворешен интерфејс за пренос на податоци. Може да се користи внатрешна меморија, какви било

внатрешни или надворешни уреди за складирање податоци, како што се ленти, надворешни мемориски модули, УСБ и хард дискови и ЦД-РОМ уреди. Големината на складираните податоци на мерното место зависи од количината на добиените податоци и фреквенцијата со која податоците се зачувуваат во системот. Затоа е важно правилно да се процени очекуваното оптоварување со податоците при изборот на системот за прибирање податоци. Доколку податоците се чуваат на мерното место подолго време (на пример, на оддалечена локација), тогаш е важно системот за прибирање податоци да има предвидено доволна количина меморија за складирање податоци. Се препорачува таканаречена небришлива меморија, бидејќи оваа меморија не зависи од напојувањето на системот за прибирање податоци за да обезбеди напојување на меморијата. Небришливата меморија има свое напојување во облик на батерија. Преземањето на податоци од системот за прибирање податоци може да се изведе преку директно поврзување на компјутер, телефонски конекции (фиксни и мобилни телефони), како и радиофреквенциски (РФ) врски.

Директните поврзувања со жичена конекција се чести кога системот за прибирање податоци и компјутерскиот систем се наоѓаат во близина еден до друг. Телефонските или РФ-линковите може да се користат за пренесување податоци од оддалечени области. За секој тип на пренесување податоци ќе биде потребна специјална комуникациска опрема и софтвер. На пример, пренесувањето податоци по телефон бара употреба на модем, а примопредавател ќе биде потребен за да пренесуваат податоци преку РФ-врски. Кај телефонските мрежи и РФ-линкови, важно е да се одреди (1) дали услугата е достапна на двата краја на предложената патека на пренос, (2) брзината со која податоците може да се пренесат, и (3) трошокот за користење на услугата. Пренесување податоци преку телефон (мобилните и фиксните линии) може да се покаже ограничувачки во оддалечените области. Воспоставувањето линија на видната патека помеѓу системот за прибирање податоци и РФ-мрежата е потребно кога се користи РФ за пренос на податоци. Употребата на земјен РФ-систем може да бара инсталација на репетитори на сигнали за поврзување на системот за прибирање податоци со РФ-мрежата. Во многу оддалечени области, сателитските РФ-системи може да бидат единствените достапни средства за комуникација со системот за прибирање податоци и опремата. Брзината на пренос на податоци мора да одговара или да ја надмине брзината на собирање податоци за да се избегнат загубите на податоци. Некои системи за прибирање податоци едноставно ќе ги

препишуваат постоечките податоци ако складирањето податоци на мерно место го достигне максималниот капацитет за складирање. Други системи за прибирање податоци може да го прекинат собирањето податоци кога ќе се исцрпи меморискиот капацитет при складирањето на терен. Капацитетот на меморијата за складирање податоци на мерното место треба да биде доволен да се справи со периодите кога комуникациската врска не функционира.



Слика 12: Брзината на земање примероци на системот за прибирање податоци може да има влијание врз квалитетот на добиените мерења [3].



2.

УПРАВУВАЊЕ СО ПОДАТОЦИ И КОНТРОЛА НА КВАЛИТЕТОТ

Системите за прибирање податоци се одлични алатки за автоматизирање на собирањето податоци, но на крајот истражувачот мора да ги процени и да ги процеси податоците. Учесниците најчесто очекуваат податоците да бидат подготвени за користење и да бидат целосно точни. Овој дел ги дискутира чекорите потребни за развивање на збир на податоци кои може да се користат. Постојат три главни аспекти за обработка на истражувачките податоци. За целите на ова поглавје овие аспекти ги нарекуваме (1) управување, (2) оценување на квалитетот и (3) анализа. Управувањето вклучува манипулирање со добиените податоци за да се трансформираат во попрактична форма и потоа да ги зачува резултатите. На пример, се вклучува реорганизација на податочниот проток во подоверлив формат, конверзија на податоците со калибрациски равенки и складирање податоци. Следниот чекор, проценка на квалитетот, вклучува проверка на квалитетот и сигурноста на целиот збир на податоци и често се запоставува со големи множества на податоци, бидејќи има тенденција да го зголемува времето и интензитетот при пресметките во системот. Анализата е конечна фаза при која податоците се анализираат и се оценуваат во однос на целите на програмата за мониторинг. Првите два аспекта од обработката на податоците се дискутираат од гледна точка на работењето со големите збирки податоци кои најчесто се јавуваат при автоматско собирање податоци. Анализата на податоците не се дискутира во ова поглавје.

2.1. Текстуални наспроти бинарни датотеки

Системите за собирање податоци генерираат датотеки со премногу информации, но информациите честопати се во определен формат кој не е универзален. Анализата на компјутерски формати на датотеки може да биде корисна во разбирањето на некои од импликациите при работа со различни формати датотеки.

2.1.1. Текстуални датотеки

Повеќето информации што се наоѓаат во компјутерската датотека на корисникот се текст, кој може да биде често интерпретиран како карактери достапни од стандардни копчиња на тастатурата, при што треба да се забележи дека со оваа дефиниција текстот вклучува и броеви и интерпункциски знаци. Текстуалните датотеки имаат минимум посебни стандардни вградени кодови, вклучувајќи ги знаците како што се враќање, извлекување на линија (и двете се потребни за да го означат крајот на линијата) и ознаката за крај на датотеката. Кога корисни-

кот ќе ги разгледува информациите во текстуалната датотека, нема да има специјално форматирање, како што се болдирање, равенки и графики достапни во датотеката. Овие неформатирани датотеки се доволно едноставни за повеќето програми да може да ги прочитаат, бидејќи тие користат систем наречен Американски стандарден код за размена на информации (ASCII, се изговара аски) за да го претставува текстот. Текстуалните датотеки понекогаш се нарекуваат ASCII датотеки и често имаат .TXT или .DAT екстензија.

2.1.2. Бинарни датотеки

Постои уште еден тип на датотека, најчесто наречена бинарна, која може да се смета за кодирана датотека. Овие датотеки, кои вклучуваат табеларни пресметки и документи за обработка на текст, вклучуваат бројни вградени кодови за да го олеснат форматирањето, математичките операции итн. Вградените кодови може да се сметаат за тајни инструкции на програмата, така што ќе ги меморираат неопходните чекори за пресметка и извршување. Бинарните датотеки често содржат специјални инструкции на почетокот на датотеката кои содржат информации за тоа кој софтвер ја создал датотеката или за кој печатач е формирана. Овие кодови обично се специфични за компјутерската програма што ја создала датотеката. На пример, електронската табела ќе зачувува информации во датотека која може да ја чита само истата програма, освен ако друга програма има посебна можност со декодирање да ја конвертира датотеката во сопствен формат. Како пример, WordPerfect мора да конвертира Word документ во формат WordPerfect, пред да може корисникот да ја види содржината на датотеката.

2.1.3. Импорт и експорт на податоци

Современите софтвери за табеларни пресметки може директно да ја читаат текстуалната датотека преку отворање на датотеката на ист начин како и другите вообичаени датотеки за табеларни пресметки. Идеално, првата ќелија (A1) во табелата ќе ја има првата вредност на податоците, втората ќелија (B1) би била втората вредност на податоци итн. Сепак, софтверот за табеларна пресметка може да ги чита податоците како текст (каде што буквите и броевите се третираат исто), наместо броеви, и да ги складира сите во форма на колона (слика 13). За среќа, постои лесно решение. Повеќето програми ја стандардизираат терминологијата која се однесува на увоз и извоз на податоци. Увезувањето податоци значи дека програмата може да декодира дато-

теки во формати кои се различни од сопствениот формат. Извозот на податоци значи дека програмата може да го конвертира својот формат на податоци во одредена листа на формати кои се користат од други програми. Речиси сите софтверски програми може да увезуваат и да извезуваат ASCII (текстуални) датотеки, иако може да се изгуби определена количина на информации за форматирање, како што се равенки или задебелени букви во процесот на извоз во ASCII. Оваа функција е корисна при поместување на податоци од една софтверска програма во друга (на пример, извезување на податоци од табеларни пресметки во статистичка програма).

A

	A	B	C
1	124,186,100,6,25,18,28,23,2,298,0,0,30,85,29,56,1,585,1,148,163,8,42,56,2,602,903,12,41		
2	124,186,200,6,24,88,27,63,2,278,0,0,30,03,29,62,2,007,1,687,173,7,32,35,3,08,868,12,48		
3	124,186,300,6,24,42,26,05,2,264,0,0,29,34,29,74,2,611,2,455,181,5,19,79,4,118,796,12,46		
4			
5			
6			
7			

B

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	124	186	100	6	25.18	28.23	2.298	0	0	30.85	29.56	1.585	1.148	163.8	42.56
2	124	186	200	6	24.88	27.63	2.278	0	0	30.03	29.62	2.007	1.687	173.7	32.35
3	124	186	300	6	24.42	26.05	2.264	0	0	29.34	29.74	2.611	2.455	181.5	19.79
4															
5															
6															
7															

СЛИКА 13: Примери за тоа како текстуалните податоци се читаат во софтвер за табеларни пресметки. А, Резултати за отворање текстуална датотека како да е датотека со табеларни пресметки. Сите информации се третираат како текст и се чуваат во првата колона. Б, Резултати од увоз на текстуална датотека. Секој број е сместен во една ќелија, дозволувајќи им на податоците да бидат дополнително манипулирани од страна на корисникот.

2.1.4. Формати на текстуални датотеки

Преземените податоци може да бидат во различни формати, кои се однесуваат на начинот на кој индивидуалните податоци се чуваат во датотека-та. Некои вообичаени примери се текстуални датотеки каде податоците се разграничени со запирка (слика 14), разграничени со табулатор и разграничени со празен простор. Текстот разграничен со запирка обично е најлесниот формат за увоз во софтвер за табеларни пресметки и бази на податоци, бидејќи не постои двосмисленост за тоа каде секоја колона од податоци започнува и каде завршува. Наједноставните формати за читање датотеки

користат празен простор или табулатор за разграничување, особено кога разграничувачите се користат за разделување на податоците во колони. Податоците со разграничување со празен простор се чини дека се недвосмислени, но може да предизвикаат проблеми при увозот ако бројот на цифри за броеви во дадена колона се менува во датотеката. Причината за тоа е што програмата за читање на податочната датотека често одлучува за тоа каде колоната за податоци започнува и каде завршува, со поглед на првата линија или два податока. Може да се појават грешки ако колоните на податоци во подоцнежните редови не се постават прецизно со колоните во првите неколку редови. Разграничувањето со табулатор го елиминира тој проблем, но во пракса некој софтвер не работи добро со табулатори, што повторно води кон грешки. Некои програми се повеќе разновидни од другите програми во однос на увозот на податоци, но типично секоја има недостатоци, како што е неправилно толкување на табулатори.

2.2. Управување со податоци

Првиот чекор во обработката на податоците обично е да се преуредат измерените податоци, бидејќи повеќето датотеки од системот за прибирање податоци имаат дополнителни информации или се во формат кој е тежок за корисникот да го чита. Слика 15 покажува пример за податоци кои е тешко да се прочитаат, поради форматирањето преку разделување со запирка. Сетот на податоци вклучува информации кои веројатно не треба да бидат вклучени во финалната датотека за чување податоци, како што е кодот на програмата на системот за прибирање податоци и напонот на батеријата. Програмскиот код на системот за прибирање податоци укажува на видот на податоците кои се снимаат. Во овој пример, 124 покажува податоци за време, а 202 во финалната линија покажува дневни (24-часовни) вредности. Овие програмски кодови може да бидат корисни при манипулирање со податоците во конечниот формат, но не треба да се задржат во финалната датотека.

Предизвик во работењето со системите за прибирање податоци е тоа што множествата на податоци може да бидат исклучително комплицирани, со повеќекратни линии на податоци за еден период. Често уредите за собирање податоци на корисникот му даваат минимална контрола врз формата на податоците што се зачувани. На слика 15 е покажано подмножеството на податоци за околу 150 сензори. Системот за прибирање податоци ги дели податоците за еден временски период во повеќе податочни линии, што резултира со 62 записи за еден период на земање примероци.

Некои линии на податоци имаат повеќе точки на податоци и пресметани вредности за еден сензор, додека други линии имаат податоци за повеќе сензори во една линија. Тоа го комплицира чистењето на податочниот поток за подоцнежна употреба. Можеби е повољно да се подели таков комплициран збир на податоци во повеќе табели или датотеки, во зависност од софтверот кој се користи за складирање на податоците и од потребите на истражувачите. Поради тоа, податоците од слика 15 се делат во три групи на податоци, со што се олеснува анализата на податоците и проблемите со складирањето уникатни за овој проект. Информациите се групираат според локацијата и типот на мерење. Одлуките за тоа како да се зачуваат податоците треба да се базираат на олеснување на конечните податочни датотеки и за олеснување на разбирањето.

124,186,100,6,25,18,28,23,2. 298,0,0,30. 85,29. 56,1. 585,1. 148,163. 8,42. 56,2. 602,. 903,12. 41
 124,186,200,6,24,88,27,63,2. 278,0,0,30. 03,29. 62,2. 007,1. 687,173. 7,32. 35,3. 08,. 868,12. 48
 124,186,300,6,24,42,26,05,2,264,0,0,29,34,29,74,2,611,2,455,181. 5,19,79,4,118,. 796,12,46
 124,186,400,6,23,61,27,26,2,122,0,0,28,58,29,65,2. 507,2. 423,161. 9,14. 81,3. 4,. 793,12. 45
 124. 186. 500,6,21. 77,35. 99,1. 672,0,0,27. 92,29. 61,1. 85,1. 331,167. 6,42. 89,3. 08,. 936,12. 44
 .
 .
 .
 124,186,2300,6,25,62,24,59,2,491,0,0,32. 15,29. 26,1. 626,1. 311,171. 5,35. 67,3. 24,. 801,12. 51
 124,187,0,6,24,09,27,96,2,164,0,0,31,15,29,36,1,538,1,472,181,3,16,83,2,761,. 837,12,48
 202, 187,
 1,025,226,6,60,67,6,193,13,56,12,41,12,67,1,198,. 378,. 746

Слика 14: Примерок на податоци од еден ден кои се преземени од системот за прибирање податоци. Колоните за податоци (линии кои започнуваат со 124), од лево кон десно, се програмски код на системот за прибирање податоци, ден на година, час, број на локација на станицата, температура на воздухот и сл., а завршуваат со напон на батеријата. Крајната линија (која започнува со 202) има 24-часовни отчитувања, максимум и минимум за различни сензори. Треба да се земе предвид дека некои вредности, како стандардна девијација за насока на ветерот, се пресметуваат од страна на системот за прибирање податоци пред да се преземат податоците [2].

110,1997,121,1200
 112,13. 78
 117,32,25,30,75,30,15,66,29,85,26,97,36,77,31,41,30,42,29,98,26,71
 124,24,114, -3,0603,2,7285,2,3373,2,4265,2,476,2,4958,2,5255,2,5503,2,5404,2,5998,2,58
 126,24,517, -1,8768,3,0752,2,6938,2,5998,2,5205,2,4859,2,4512,2,4512,2,4165,2,3967,2,4215

128,24,517, -1,5103,1,0449,1,1885,1,3172,1,3568,1,3767,1,4311,1,4559,1,4856,1,4559,1,5302
130,25,092, - 3714,. 80222,. 03467,. 07429,. 1139,. 11886,. 13371,. 1139,. 13866,. 15351,. 12876
132,25,385, - 91611,2,0352,1. 956,1. 9411,1. 9164,1. 9263,1. 8569,1. 9065,1. 9114,1. 8768,1. 8768
137,24,933, -. 83191,2,6739,. 41101,. 36644,. 34663,. 29216,. 30207,. 2773,. 27236,. 28721,. 24761
139,25,581, -99999, -99999, -99999, -99999, -99999, -99999, -99999, -99999, -99999, -99999, -99999
141,24,444, - 03466,2,4462,. 17826,. 08913,. 07923,. 05447,. 02971,. 04457,. 02971,. 00495,. 04952
143,25,263, -1,0746,. 79724,. 2377,. 24264,. 23274,. 22779,. 23276,. 20302,. 22284,. 21293,. 24762
145,25,178, - 49023,1. 2478,. 72297,. 62889,. 55461,. 51004,. 51994,. 48528,. 45062,. 41596,. 45062
150,25,643, -1,842,1,8817,1,3023,1,3617,1,4014,1,3915,1,4063,1,4558,1,4509,1,441,1,4212
152,25,399, - 91607,3,1246,1. 1438,. 90122,. 75267,. 64869,. 59422,. 55956,. 5249,. 50509,. 47043
154,25,155, -1,2627,1,3667,1,2577,1,2528,1,2528,1,2577,1,2627,1,2676,1,2429,1,2676,1,2379
158,3,4158,4,987, -2,4442
315,3,7308,1,1911,5,8627,1,1249,5,7587,2,1236,5,2429,3,8312,2,2362,5,5967, -99999,6,1382,4,2879,1,7812, -99999,6,269
326,32,428,31,012,22,216,22,993,24,826
326,32,428,31,012,22,696,24,011,25,571
326,32,428,31,012,22,721,23,653,24,972
326,32,428,31,012,23,227,24,253,25,744
326,32,428,31,012,23,569,24,475,25,809
.
.
.

Продолжува уште 39 линии за само еден период на земање примероци.

Слика 15: Дел од комплексни податоци поставени од истражувачки проект кој вклучува над 150 сензори и содржи 62 линии на податоци за секој период на земање примероци. Првиот број на секоја линија е бројот на табелата на логерот на податоци, што укажува на видот на податоците. Забележете го -99999-та на линија 10 што покажува откажување на сензорот [2].

2.3. Избор на софтвер за работа со податоците

Најчестите софтверски опции за преуредување или чистење сетови на податоци вклучуваат софтвери за табеларни пресметки, база на податоци или програмски јазик како BASIC и Java. Постојат предности и недостатоци за секој избор, иако вообичаената практика за почетници е да го користат она што веќе го знаат, што обично е програма за табеларни пресметки.

Програмите за работа со табелите обично имаат три функции: (1) работни листови, кои му овозможуваат на корисникот да внесува, да пресметува и да складира податоци, (2) графика и (3) техники на бази на податоци, кои му овозможуваат на корисникот да ги сортира податоците, да бара специфични

податоци и да избере податоци кои одговараат на одредени критериуми.

Програмите за табеларни пресметки се лесни за учење, моќни по обем и можат да бидат единствената софтверска алатка која е потребна за управување со податоци за некои проекти. Меѓутоа, тие се ограничени за тоа колку податочни точки можат да ги обработуваат истовремено, што е потенцијално фатално ограничување за големи множества на податоци. Исто така, може да биде тешко и да одзема многу време во голема табеларна пресметка за да се пронајде потребниот запис за податоци. Но, затоа, пресметките се складираат со множеството на податоци, така што автоматски е снимен процесот како се пресметуваат вредностите. Податоците за табеларни пресметки може да се манипулираат со наредби за повторувачка работа. На пример, податоците во слика 16 се прилично едноставни во организацијата, со 24 записи на час податоци и 1 запис на 24-часовни сумарни податоци. Овој модел на податоци потоа ќе се повтори за секој ден за прибирање податоци. Во овој случај, часовните податоци може да бидат во еден работен лист, а 24-часовите сумарни податоци може да се пренесат во втор работен лист во рамките на истата табела. Преместувањето на секоја сумарна линија за еден месец на податоци може да биде здодевен повторувачки процес склон кон грешка, но табеларната макронаредба може да ја изврши задачата речиси автоматски. Терминот база на податоци се однесува на собирање информации организирани на начин кој му овозможува на корисникот да ги преземе податоците по потреба. Организирана колекција на информации во датотеката може да се нарече база на податоци. Меѓутоа, вообичаената употреба на базата на податоци се однесува на релациона база на податоци, што е компјутерска програма која му овозможува на корисникот да додава, да менува и да сортира податоци, како и да креира форми за внесување податоци и извештаи за извлекување податоци.

Силата на релациони бази на податоци лежи во начинот на кој податоците се чуваат во повеќе табели на информации, со секоја линија на податоци во табелата наречена снимка. Информациите во разни табели може да бидат поврзани. Како пример, базата на податоци која содржи информации за учениците кои студираат наука за животната средина на универзитет. Една табела за податоци може да ги содржи домашните адреси и телефонските броеви, втората табела би можела да ги наведе сите советници на ученикот и годината на студирање, додека третата табела содржи информации за стипендиите. Релациона база на податоци може да пребарува низ сите табели во исто време, а потоа да го прикаже саканиот спој на информации. Овој процес е многу моќен, особено кога работите со десетици илјади записи.

На пример, ако се разгледува релативно едноставен сет на податоци од слика 14 каде што за една година се генерираат 9125 записи од податоци. Пребарувањето и анализата на тие податоци е релативно бавно и тешко во софтверот за табеларни пресметки, додека во софтверот за бази на податоци пребарувањето би било речиси моментално. Сетот на податоци прикажан на слика 15 е многу поголем од претходниот. Земањето и запишувањето на примерокот е на секој час, што резултира со 372 линии на податоци дневно или 135780 линии годишно. За разлика од табелите, релационите бази на податоци ќе може да ги складираат сите податоци во една табела или да ја олеснат поделбата на податоците во повеќе поврзани табели. Базата на податоци може, исто така, да изврши пребарување на повеќе табели во дел од секунда. Оваа способност за сортирање е главната причина зошто базите на податоци се толку корисни. Повеќето бази на податоци не ги складираат равенките директно со податоците, во обид да ги минимизираат барањата за складирање, па затоа се потребни дополнителни информации за да постои запис за тоа како се пресметуваат податоците. Повеќето бази на податоци, исто така, нудат опција за програмирање во заднина за напредните корисници, што може да ги олесни повторните операции за анализа на податоци и, исто така, може да обезбеди евиденција за тоа како податоците се обработуваат. Базата на податоци, исто така, е составен дел на Географски информативни системи (GIS), кои несомнено ќе станат сè поважна алатка за анализа на податоци за истражувачите на животната средина.

Програмските јазици, како што се BASIC и Java, нудат најмногу флексибилност за манипулирање со податоците и може да понудат дополнителна предност во оценувањето на квалитетот на податоците во исто време. Програмските јазици може да бидат тешки и да одземаат многу време за учење, а често и програмерот е единствената личност која може ефективно да ги користи програмите. Пребарувањето на одредено подмножество на податоци може да биде проблематично поради тоа што бара посебно програмирање на секое пребарување.

2.4. Складирање податоци

Без оглед на тоа кој избор е направен за манипулирање со податоците, сепак, треба внимателно да го одредиме форматот за складирање податоци. Изборот на формат за податоците е покритичен кога се работи со големи множества на податоци, бидејќи обемот на материјалот ги прави тешки за работа. Нормално, важно е секогаш да се следат мерните единици и секогаш да може да се добие увид наназад, за да се покаже точно кога, каде и како е собран

одреден податок. Исто така, треба да постои начин да се документираат можните оштетувања на мерните инструменти, поправките или замените.

Типичен избор би бил да се увезат непреработените податоци во софтвер за табеларна пресметка, а потоа да се елиминираат дополнителните и непотребни информации, оставајќи го множеството податоци како што е прикажано на слика 16. Во овој момент сите колони на податоци треба јасно да се именуваат како тип на информации, вклучувајќи ги мерните единици. Не секогаш може да се изврши комплетното именување. Мерните единици се група што многу често може да се заборави, па во случај на работа на групни проекти не сите соработници може да биде запознаени со податоците и нивните мерни единици, така што потполното именување не треба да се занемари. Сетовите на податоци треба да бидат означени и именувани јасно, така што кој било што ќе се приклучи во истражувачкиот проект ќе може да ја разбере содржината. Истиот принцип треба да се примени на имињата на податочните датотеки. Дел од управувањето со податоци е процесот на конвертирање на вредностите на податоци во препознатливи мерни единици. На пример, сензорот за дисипација на топлина ги мери промените во температурата на почвата во $^{\circ}\text{C}$, на кој потоа се вклучува калибрациска равенка за да даде посакуван резултат за потенцијалот на вода во почвата (cm вода). Повеќето опрема за собирање податоци може да ја направи оваа конверзија за да се заштеди чекор во анализата откако ќе се преземат податоците. Меѓутоа, ако е можно, подобро е да се соберат само измерените вредности (оригинални и необработени, во овој случај, $^{\circ}\text{C}$), или и двете: измерената вредност и конечниот резултат ($^{\circ}\text{C}$ и cm од водата). Погорната процедура е потребна заради идентификација на проблемите при мерењето, дали станува збор за грешка на инструментот или грешка при обработката и обично е многу полесно да се утврди проблемот кога необработените податоци се достапни.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Day of	Hour	Air	Relative	Vapor pressure	Solar	Precipitation	2" soil	4" Soil	Wind speed
2	year		temperature	humidity	deficit	radiation		temperature	temperature	(mean)
3			C	%	kPa	MJ-2	mm	C	C	m/s
4	186	100	25.18	28.23	2.298	0	0	30.85	29.56	1.585
5	186	200	24.88	27.63	2.278	0	0	30.03	29.62	2.007
6	186	300	24.42	26.05	2.264	0	0	29.34	29.74	2.611
7										
8										

Слика 16: Примерок на датотека за зачувување на финалните податоци со првите три линии на податоци од слика 14. Примерот не ги вклучува сите податоци за да заштеди простор. Отстранети се програмскиот код на системот за прибирање податоци и бројот на локацијата на страницата [3].

Изборот на формат на податоци, исто така, зависи од тоа како се управува со податоците. Ако се избираат празни места за означување лоши или корумпирани податоци, тогаш просторот (празно) не може да се користи како разделител на податоци во текстуалната датотека. Ако се избрани записки за разделување, тогаш линијата на податоци може да вклучува празна вредност со внесување празно место, а потоа и записка, како што е прикажано подолу:

203; 1408; 28:25; ; 26: 2; 0: 447; 0

Погоре е илустрирана потребата внимателно да се разгледаат методите кои се користат за да се означат лоши податоци за финално складирање податоци. Современите софтвери за табели и бази на податоци интерпретираат празни ќелии како празни (т.е. нема податоци), наместо нули. Ова е сериозен проблем кога се пресметува просечна вредност за група вредности што вклучува една или повеќе празни ќелии. Од друга страна, програмските јазици најверојатно ќе ги интерпретираат празните ќелии како нули.

Скратени вредности. Може да има сериозни проблеми со начинот на кој броевите се скратуваат во компјутерските програми. Да претпоставиме дека сензорот отчитува вредност од 1,435 mV, што потоа се обработува со калибрациска равенка за да добие вредност од 25,67834710. Во табелата, ќелијата може да се постави за да покаже одреден број на цифри по децималното место, како што е утврдено дека е соодветно од страна на истражувачот. Во овој случај би било соодветно да се прикажат три цифри (ова обично се определува со прецизноста на инструментот, без оглед на бројот на броеви што се зачувани од системот за прибирање податоци). Табелите ќе продолжат да ги чуваат сите измерени дополнителни броеви, така што корисникот може да го промени поставувањето на четири цифри подоцна, ако е потребно. Базите на податоци обично ги скратуваат податоците каде што е наведено, со што трајно се губат дополнителните децимали на податоците, со цел намалување на количината на просторот за складирање. Ако во базата на податоци бројот во примерот е зачуван како 25,678, сите броеви по 8 се трајно изгубени. Ова е уште една причина за складирање на измерените, необработени податоци.

2.5. Евалуација на квалитетот на податоците

Еден од скриените предизвици за работа со автоматски системи за прибирање податоци е огромната количина податоци кои можат да се соберат. Многубројни податоци често се пожелни, но постои компромис во однос на

времето потребно за да се оцени квалитетот на податоците. Ова е особено важно кај системите кои се блиску до „реално временски“, каде што податоците се очекува да се преземат на компјутер, а потоа се ставаат на располагање во рок од 24 часа или помалку. Повеќето системи кои се блиски до реално временски користат програми кои можат да ги оценат точките на податоци преку споредување со однапред определени прифатливи мерни подрачја на мерните вредности, а потоа ги означуваат сомнителните податоци за рачна евалуација.

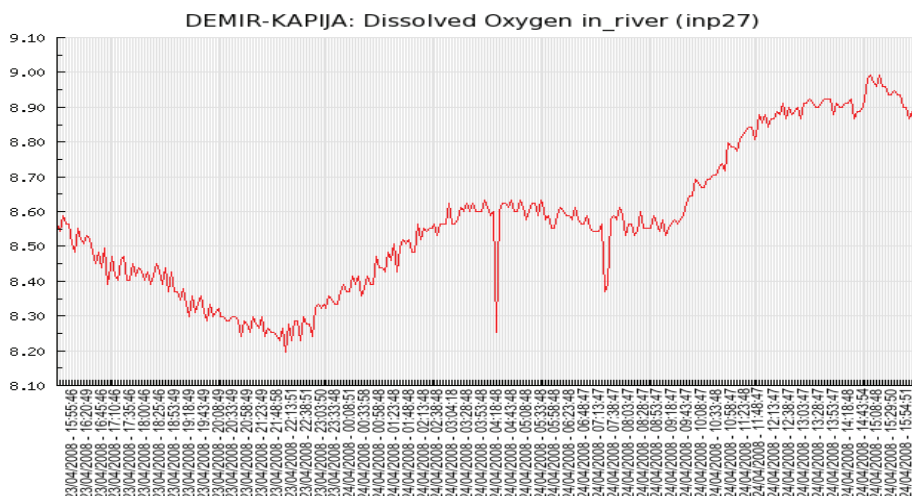
Евалуацијата на квалитетот на податоците бара сеопфатно разбирање за тоа како функционира сензорот и какви податоци може разумно да се очекуваат. Некои сетови на податоци може да бидат едноставно проверени со утврдување дали податоците се надвор од очекуваните мерни подрачја на сензорите (т.е., дали податоците се наоѓаат помеѓу одредените минимални и максимални вредности). Како пример, се разгледува термоспој за мерење температура на воздухот во пустина. Да се претпостави дека искуството сугерира поставување мерен опсег од 5 до 50 °C. Отчитувањето на 10 °C би било идентификувано за понатамошни испитувања. Вредност од 10 °C во лето веројатно не е во ред, додека во зима тоа би можело да биде точно поради невообичаено студено време. Пософистициран пристап би го намалил очекуваниот опсег за температури што ќе се менуваат во текот на годината.

Сите сензори имаат горни и долни граници на мерење. Некои од нив даваат бесмислени податоци надвор од тие граници, обично поради екстраполација надвор од границите на калибрациската крива. Понекогаш сензорите ги ограничуваат можните вредности на податоците. Како пример, еден анемометар (мери брзина на струење на воздухот) има наведен опсег на податоци од 0 до 60 ms^{-1} со гранична вредност 0,5 ms^{-1} . Гранична брзина е брзината со која анемометарските чаши почнуваат да се вртат, при што брзините меѓу 0 и 0,5 ms^{-1} се третираат исто. Во овој конкретен случај кривата на калибрација која ја пресметува брзината на ветерот има точка на пресекување на у-оската на 0,447 ms^{-1} , така што најниската регистрирана брзина е 0,447 ms^{-1} , дури и ако воздухот е целосно мирен. Во овој случај, вредноста под 0,447 веројатно би била лоша информација и ќе треба понатамошна истрага. Некои податоци од сензорите можат да се проценат со поригорозна статистичка анализа за да се утврди дали податоците се надвор од прифатливи граници. На пример, некои сензори може да дадат податоци кои се очекува да се наоѓаат помеѓу две стандардни отстапувања од средната вредност. Користењето на статистичките податоци честопати е најсоодветен пристап.

2.5.1. Цртање на податоците за да се пронајдат отскокнувања

Проверката на опсегот на податоци или вршење базична статистичка анализа е одличен почеток, но можеби нема да биде доволно за да се идентификуваат сите потенцијални проблеми. Со мали сетови на податоци, следниот чекор би бил скенирање на податоците од страна на истражувачот за да се најдат отскокнувања во податоците или неочекувани трендови на податоци. Брзо скенирање е непрacticно со големи сетови на податоци, бидејќи е премногу лесно да се пропуштаат проблематичните податоци. Најдобар избор е да се нацртаат сите податоци. При мерењата се претпоставува мазна крива на промена на физичките големини, затоа што во природата сите променливи се менуваат со определена брзина во определен временски период. Ако се појават неколку точки кои отскокнуваат и покажуваат девијантно однесување, тогаш најчесто тие точки се лошо измерени, и треба да се одреди дали е до сензорот или до понатамошната обработка на податоците.

Сличен пристап за изнаоѓање на отскокнувања е да се соберат поврзани сетови на податоци заедно како на слика 17. На пример, релативната влажност може да се зголеми или да се намали без врнежи, но ако врне релативната влажност ќе се зголеми во повеќето ситуации. Ако влажноста не се зголеми со дожд, можни се проблеми со сензорот. Површинската температура на почвата, исто така, може да се поврзе со врнежите, со летен дожд се претпоставува ладење на почвата, а зимскиот дожд можеби ја зголемува или ја намалува температурата, во зависност од условите. Овој пристап бара внимателна анализа на трендовите прикажани во дијаграмот.



Слика 17: Пример на отскокнување при мерење растворен кислород во речна вода [9].

2.5.2. Разумна причина за несоодветен податок

Што се случува ако нема јасна и разумна причина за несоодветен податок? Конзервативниот одговор би бил да се остават податоците како што се, или со други зборови, да се остават без промена. Неприфатливо е одлуката да се донесе само врз основа на инстинкт, треба да има јасна докажана причина да се исклучат податоците. Во некои случаи, одлуката може разумно да се темели на искуството на истражувачот или на објавените вредности во научната литература. Доколку не постои јасно образложение за исклучување на податоците, сепак, податоците може да се исклучат од понатамошна анализа, ако повторно барателот внесе забелешка за исклучување во финалните извештаи. Оваа област може да биде нејасна и е полна со потенцијални замки. Најдобриот пристап е да се задржат очигледните аномални податоци, иако постои сомневање за нивната точност и да се стави забелешка за сомнежот.



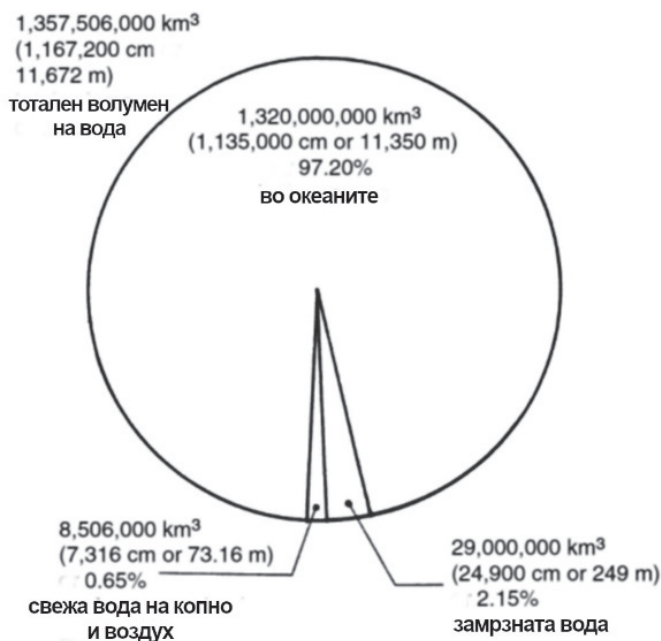
3.

МОНИТОРИНГ НА ПОВРШИНСКИТЕ ВОДИ

Седум десетини (70 %) од Земјината површина се покриени со вода, а околу 97 % од водата е солена вода, која се наоѓа во океаните. Останатите 3 % се свежа вода и постојат замрзнати како ледени брегови (2 %), во подземни води или во водоносни слоеви, површински води како реки, езера и влага во почвата или како пареа во атмосферата (1 %) (слика 18). Иако солената вода обично не е погодна за директна потрошувачка, опстанокот на повеќето форми на живот зависи директно или индиректно од океанот. На пример, фотосинтезата кај алгите кои живеат во океаните создава поголем дел од обновливиот кислород во светот, а океаните складираат огромни количества јаглерод диоксид и топлина. Сепак, голем дел од човековата историја е директно или индиректно врзан за изворите на свежа вода, како што се езерата, реките и вливовите. Во ова поглавје фокусот е на мониторинг на водните тела со свежа вода.

Човечките суштества, како и другите земјени и водни форми на живот, се чувствителни на промени во квалитетот на снабдувањето со свежа вода. Промените во својствата, како што се вкупните растворени цврсти материји, pH и особено растворен кислород, може да влијаат врз смртноста на водниот живот. Покрај тоа, присуството на загадувачи може да биде опасно за организмите кои пијат вода и за оние кои живеат во неа.

Динамиката на процесите на природните временски услови и антропогените активности може да имаат значително влијание врз квалитетот на водата. Врнежите имаат тенденција да ги растворат и да ги однесат минералите и загадувачите кои се наоѓаат во почвата и во атмосферата. Водата што се користи за наводнување на земјоделството ги концентрира растворените цврсти материји во водата, додека водата се подложува на евапотранспирација. Испарувањето, од друга страна, ја прочистува водата како што се менува од течност во пареа. Меѓутоа, ако потрошувачката на вода ги надминува циклусите на испарување и врнежите, дистрибуцијата на водата опаѓа, а квалитетот на водата обично се деградира.



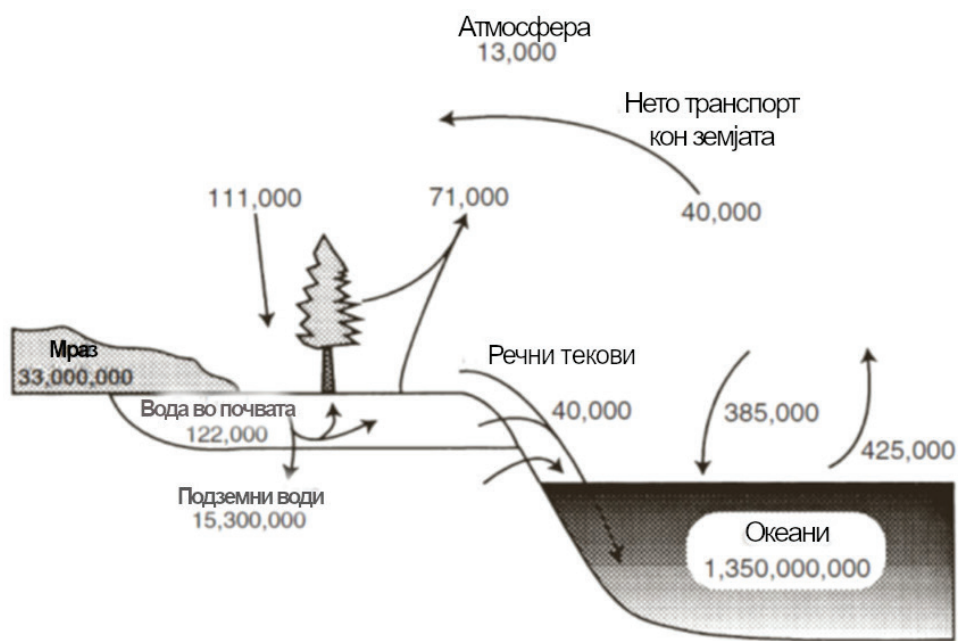
Слика 18: Достапност на водата на земјата. Над 97 % од целата вода во светот е солената вода во океаните (Шлезингер, 1997).

Континуираната употреба на површинските и подземните води за земјоделско наводнување не само што ги намали нивоата на подземните води, туку, исто така, предизвика деградација на останатите води. Намалувањето на масата на подземните води во текот на изминатите 100 години елиминираше многу трајни површински текови, предизвикувајќи губење на повеќе од 90 % од крајбрежните живеалишта. Бидејќи сè повеќе и повеќе снабдувањето со површински води е премногу користено, снабдувањето со подземни води, исто така, се намалува со малку надеж за надополнување, бидејќи само 10 % од врнежите може да се надополнат (Шлезингер, 1997) (слика 19).

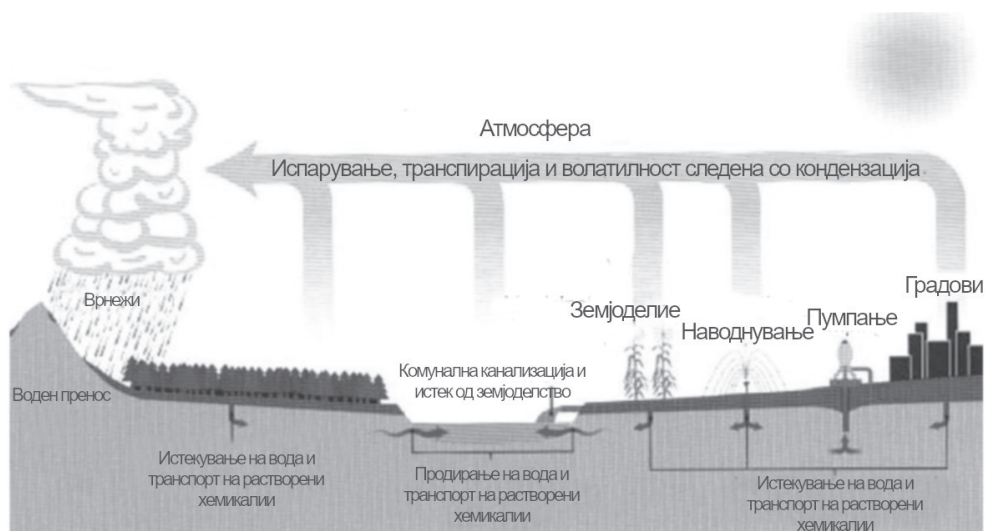
Мониторингот на квалитетот и квантитетот на свежа вода станува национален и глобален проблем. Снабдувањето со свежа вода го одредува самото постоење и преживување не само на растенијата и животните, туку и на локациите на човечките живеалишта. Намалените, деградирани и загадени снабдувања со вода се голема грижа за сите живи суштества. Зачувувањето и одржливоста на слатководните ресурси може да дојде само од внимателно мониторирање на нивните извори и на нивниот квалитет.

3.1. Променливите агрегатни состојби на водата

Водата е универзален растворувач која може до одреден степен да ги раствори сите органски и неоргански компоненти кои се наоѓаат во околината. Така, природата на водата се менува преку природни или антропогени влијанија при движењето од една средина до друга (слика 20). Водата, исто така, може да раствори и да суспендира други течности, гасови и фини честици, што резултира со комплексна мешавина на компоненти. Многу од природните водни циклуси придонесуваат за процесот на мешање и растворување. Бидејќи водата може да постои во три агрегатни состојби, гас, течност и цврста состојба, се наоѓа речиси насекаде во една или во повеќе од овие форми. Испарување, зацврстување преку создавање мраз, кондензација и врнежи се процеси кои ја контролираат дистрибуцијата на вода помеѓу овие три состојби во животната средина. Во својата течна состојба, водата може да раствори или да содржи други течности, цврсти материји и гасови. По испарувањето, од водата обично се отстрануваат сите растворени материји, но може да коегзистираат во воздухот заедно со испарливите соединенија. Како гас, водената пареа брзо се движи низ порозни медиуми, како што се почвите, како одговор на гравитациските енергетски потенцијали на почвата. Спротивно на тоа, цврстата вода (т.е. мразот) не се движи лесно низ околината.



СЛИКА 19: Глобален циклус на водата. Одливот на реката е еднаков со нето транспорт од океаните до копното [2].



СЛИКА 20: Процеси кои влијаат на квалитетот на водата. Излегувањето и транспортот на хемикалиите од копното и атмосферата континуирано влијаат на квалитетот на површинските и подземните води [2].

3.2. Параметри на квалитетот на водата

Хемискиот квалитет на водата се одредува според количината и разновидноста на органските и неорганските хемикалии што ги содржи во неа. Исто така, микробиолошкиот квалитет на водата е диктиран од присуството или отсуството на корисни и патогени микроорганизми. Свежата површинска вода може и треба да содржи одредено количество калциум (Ca), кој е потребна хранлива материја. Типичниот опсег на Ca е од 1 до 250 mg L⁻¹. Меѓутоа, ако живата (Hg) е присутна во концентрации над 1 ng L⁻¹, сметаме дека оваа вода е недозволе-на за човечка консумација. Иако стотици илјади хемикалии и живи организми потенцијално можат да се најдат во водата, во реалноста само помалку од 300 хемикалии и микроорганизми рутински се следени во површинските води.

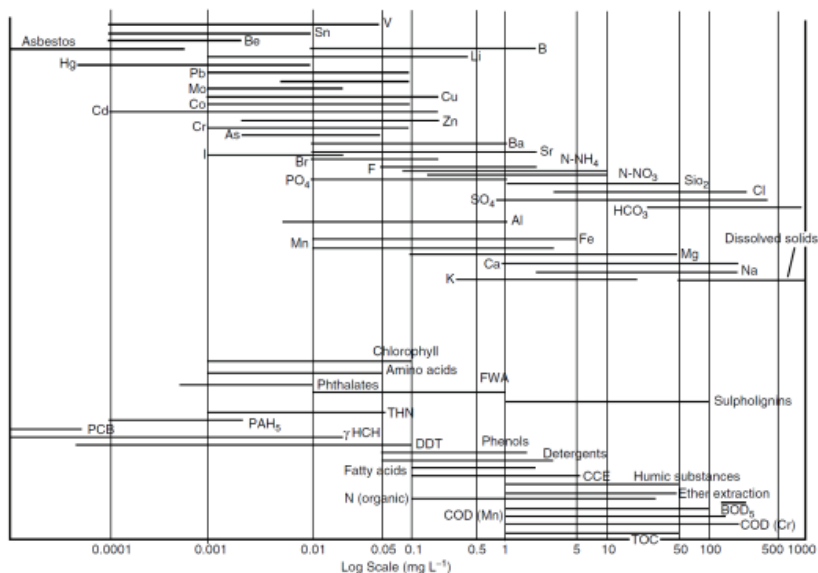
Слика 20 ги наведува главните карактеристики на водата и сродните процеси. Квалитетот на водата и процесите во животната средина се многу тесно поврзани. Динамичната природа на повеќето циклуси на водата, заедно со повеќе инвазивни антропогени активности, може брзо да ги промени важните хемиски, физички и биолошки својства на квалитетот на водата.

Големи промени во хемиските и микробиолошките својства се директно поврзани со соодветноста на водата за користење од страна на луѓето и жи-

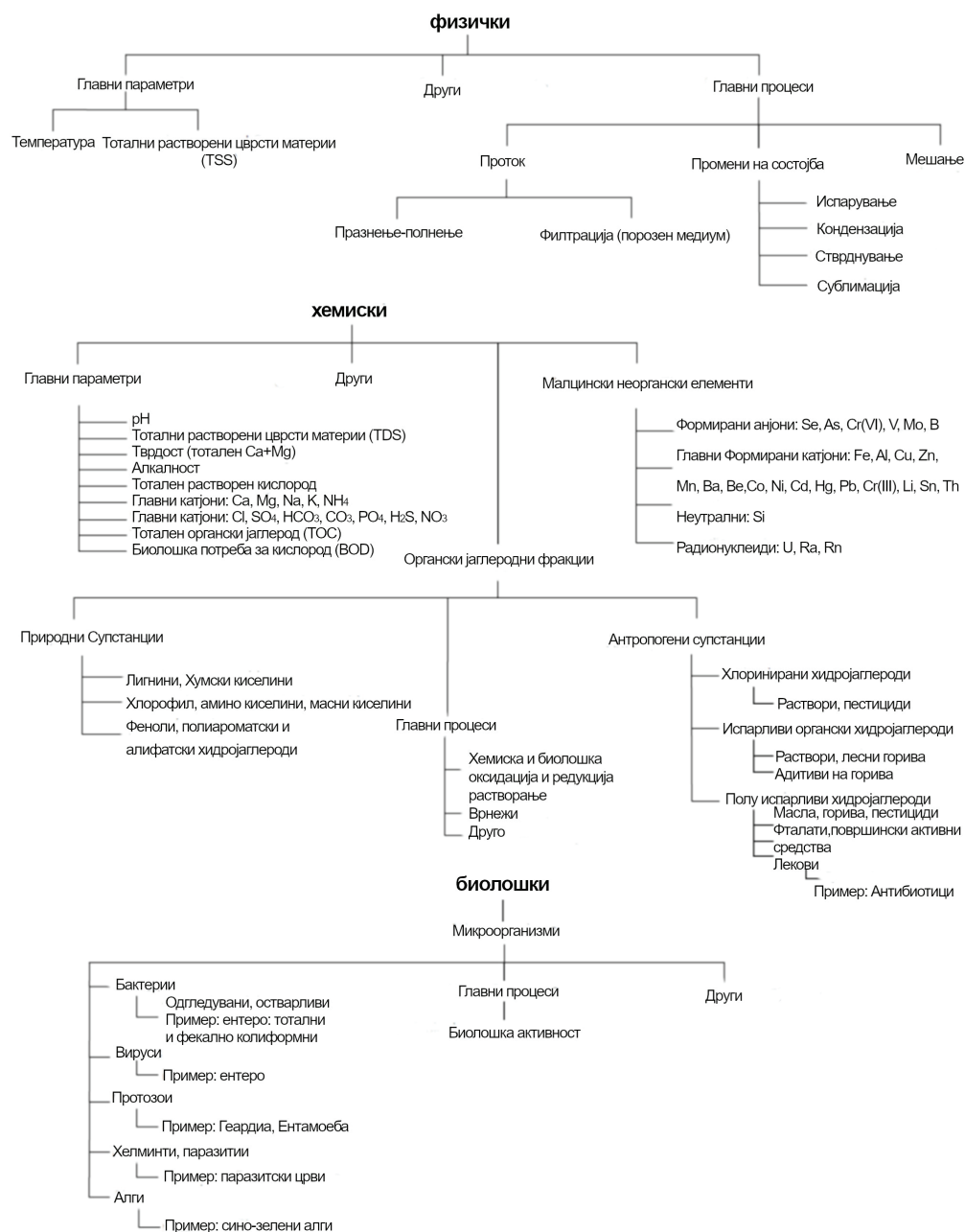
вотните и за наводнување на растенијата. Спротивно на тоа, промените во физичките состојби на водата имаат тенденција да влијаат на природните циклуси на водата на сите нивоа. Сепак, температурата на водата во езерото, на пример, исто така, може да се користи како индиректен показател за вкупните растворени гасови и за тоа кои видови микроорганизми може или не може да живеат во него. Слично на тоа, електричната спроводливост (ЕК) на водата може да се користи за проценка на концентрацијата на растворени материји, па дури и на јонската содржина на водата. Сите овие параметри се корисни при хемиската рамнотежа и моделирањето на квалитетот на водата.

3.2.1. Стандарди за водата за пиење

Зголемениот мониторинг на водата започна со Актот за чиста вода од 1948 година и беше проследен со Законот за безбедна вода за пиење од 1974 година (SDWA), со амандманите на SDWA во 1989 и 1996 година. Овие акти резултираа со прогласување, со последователни измени, на стандардите за примарна и секундарна вода за пиење, кои се наведени во табелите од 3 до 5. Примарните стандарди за вода за пиење се поделени во шест групи: неоргански и органски хемикалии, средства за дезинфекција, дезинфекција по производи, радионуклеиди и микроорганизми.



СЛИКА 21: Просечни концентрации на неоргански и органски супстанции во површинските води низ светот. Освен антропогените хемикалии, како што се пестицидите, тешко е да се утврди кои се природните концентрации на многу хемикалии наведени тука, бидејќи поголемиот дел од водните извори на светот се погодени од човековата активност [3].



СЛИКА 22: Значајни карактеристики на водата и сродните процеси

ТАБЕЛА 3: Примарни стандарди за водата за пиење

Параметар	MCL (mg L ⁻¹)	Параметар	MCL (mg L ⁻¹)
Неоргански (17)		нуспродукти на дезинфекција (4)	
Антимон	0,006	Тотално трихалометани	0,080
Арсен	0,010	Тотално халоацетни киселини	0,060
Азбест	7H10 ⁶ L ⁻¹ (фибри)	Бромати	0,010
Бариум	2,0	Хлорити	0,8
Берилиум	0,004	Радионуклеиди (5)	
Кадмиум	0,010	Радиум 226 и 228 (тотално)	5 pCi L ⁻¹
Хром (Тотален)	0,1	Вкупна активност на алфа честици	15 pCi L ⁻¹
Бакар	1,3 TT	Вкупна активност на бета честици	4 mrem year ⁻¹
Цијанид (слободен)	0,2	Уран (како 12–2003)	0,030
Флуорид	4,0	Дезинфициенси (4)	
Олово	0,015	Хлорамини	MRDL ¼ 4,0
Жива (неорганска)	0,002	Хлор гас	MRDL ¼ 4,0
Селен	0,05	Хлор диоксид гас	MRDL ¼ 0,8
Талиум	0,0005	Микроорганизми (7)	
Нитрати-Н	10,0	Криптоспоридиум	99 % removal TT
Нитрити-Н	1	Гиардија	99 % removal TT
Флуор	4,0	Легионела	No limit TT
Органски (53)		Вируси (ентеро)	99 % removal TT
Инсектициди, хербциди	Тотален: 22 MCL во ранг <0,001	Тотални колиформни	No more than 5% + TT
Растворувачи: Хлорни, нехлорни	Тотален: 19 MCL во ранг >0,001	Хетеротрофни плочки	<500 BC mil ⁻¹ TT
Разни органски	Тотален: 12 MCL во ранг од 0,00003 µg L ⁻¹ до 0,1	Заматеност	1 NTU TT

MCL, Максимално ниво на концентрација; МРДЛ, максимално ниво на дезинфекција; TT, зависи од третманот.

ТАБЕЛА 4: Примарни стандарди за пиење: испарливи и синтетички органски хемикалии

Испарливи органски хемикалии

Параметар	MCL (mg L-1)	Параметар	MCL (mg L-1)
Бензен	0,005	Етилбензен	0,7
Јаглерод тетрахлорид	0,005	Монохлоробензен	0,1
р- дихлоробензен	0,075	Тетрахлоретилен	0,005
о- Дихлоробензен	0,6	1,2,4-Трихлоробензен	0,07
1,2-дихлороетан	0,005	1,1,1-Трихлороетан	0,2
1,1-дихлоретилен	0,007	1,1,2-Трихлороетан	0,005
цис- 1,2-дихлоретилен	0,07	Трихлоретилен	0,005
транс -1,2-дихлоротилен е	0,1	Вкупно трихалометани	0,002
1,2-Дихлоропропан	0,005	Винил хлорид	0,10

Синтетички органски хемикалии

Параметар	MCL (mg L-1)	Параметар	MCL (mg L-1)
Акриламид	ТТ	Глифосат	0,7
Адипат (диетилхексил)	0,4	Хептахлор	0,0004
Алахлор	0002	Хептахлор епоксид	0,0002
Атразин	0,003	Хексахлоробензен	0001
Бензо-а-пирен	0,0002	Хексахлороциклопентадиен	0,05
Карбофуран	004	Линдан	0,0002
Хлордан	0,002	Метоксихлор	0,04
Далапон	02	Оксамил (Видате)	0,2
Дибромохлоропропан	0,0002	Пентахлорофенол	0,001
Ди (етилхексил) адипат	0,4	Пиклорам	0,5
Ди (етилхексил) фталат	0,006	Полихлорирани бифенили	0,0005
Дихлоро-метан	0,005	Симазин	0,004
Диносеб	0,007	Стирен	0,1
Дикат	0,02	Толуен	1,0
Ендотхал	0,1	Токсафен	0,003
Ендрин	0,002	Ксилени (вкупно)	10,0
Епихлорохидрин	ТТ	2,4-Д	0,07
Етилен дибромид	0,00005	2,4,5-ТП (Силвекс)	0,05
2,3,7,8-TCDD (Диоксин)	0,00000003		

MCL, Ниво на максимални концентрации; ТТ, техника на третман.

Табела 5: Секундарни стандарди за водата за пиење

Загадувач	Ниво (mg L ⁻¹)	Ефекти на загадувачот
Алуминиум	0,05-0,2	Дисколорација на водата
Хлорид	250	Вкус, корозија на цевките
Боја	15	колорни единици, Естетика
Бакар	1	Вкус, порцеланско преливање
Корозивност	некорозивни	цевки истекување на олово
Флуорид	2,0	Забна флуороза
Пенливи агенси	0,5	Естетска
Железо	0,3	Вкус, боене при перење
Манган	0,05	Вкус, боене при перење
Мирис	3 броја над прагот на мирис	Естетска
pH	6,5-8,5	Корозивни
Сребро	0,1	дисколорација на кожа
Сулфати	250	Вкус, лаксативни ефекти
Вкупно растворени цврсти материји	500	Вкус, корозивност, детергенти
Цинк	5	Вкус

Примарните стандарди за вода за пиење се применливи, бидејќи тие се заштитни за здравјето на луѓето. Спротивно на тоа, стандардите за секундарна вода за пиење се необврзувачки упатства дизајнирани да ги контролираат загадувачите кои предизвикуваат козметички ефекти, како што се боене на забите или предизвикуваат несакани естетски ефекти, како што се промени во вкусот, бојата или мирисот. Овие се развојни стандарди кои се менуваат како одговор на новото научно знаење за здравствените ефекти на хемиските и биолошките состојки во водата за пиење. На пример, како одговор на новите епидемиолошки студии, стандардите за вкупните трихалометани, кои се нуспроизводи на дезинфекцијата и арсен, неодамна се намалија од 100 до 80 mg L⁻¹ и од 50 до 10 mg L⁻¹, соодветно. Покрај тоа, самите средства за дезинфекција се додадени на листата, бидејќи тие се користат за дезинфекција на водата и обично мора да имаат преостанати нивоа за заштита на снабдувањето со вода за пиење од изворот до корисникот. Неодамна, брзиот развој на техниките за детекција на микроби додаде нови патогени во вода на листата на стандарди за водата за пиење.

Секундарните стандарди се неприменливи со сила, го претставуваат максималното ниво на загадувачи и се наменети за заштита на „јавната благосос-

тојба“. Критериумите за благосостојба на јавноста вклучуваат фактори, како што се вкусот, бојата, корозивноста и миризбата, а не здравствениот ефект.

3.2.2. Препорачани критериуми за квалитет на водата

Донесени се критериуми за квалитет на водата кои опфаќаат 157 приоритетни токсични загадувачи и 45 дополнителни загадувачки супстанции кои не се приоритетни. Критериумите за квалитет на водата, која се смета врз основа на концентрациите дека е органолептичка или врз основа на вкусот и мирисот, исто така, се достапни за 23 хемикалии во водата. Препорачаните стандарди не можат присилно да се применуваат. Наместо тоа, тие може да се користат како насоки кон државите за да се развијат еколошки програми, како што е Дозволата за отстранување на испуштањата во водата. Овие критериуми може да се употребат за поставување на границите за испуштање на загадувачки материји за индустриите и комуналните претпријатија кои испуштаат отпадни води во водотеците. Овие критериуми се заштитни за водната средина, пред сè, но, исто така, ги земаат предвид ефектите врз здравјето на луѓето. Претходно наведените списоци на загадувачи ги вклучуваат сите хемикалии наведени во стандардите за водата за пиење и многу други хемикалии од индустриско и природно потекло.

3.2.3. Еколошки критериуми за хранливи материји (нутриенти)

Критериумите за квалитет на водата од аспект на хранливи материји се продолжување на критериумите за квалитет на водата, кои се дискутирани во делот за препорачани критериуми за квалитет на водата насочени кон заштитата на езерата, резервоарите, реките и потоците во специфични географски локации или екорегиони. Поточно, може да се регулира вкупниот азот (N), вкупниот фосфор (P), хлорофилот и заматеност за да се спречи еутрофикација и цветање на алгите. Бројни извори на вода се погодени со долгорочно збогатување со хранливи материји, што резултира со ниско ниво на растворен кислород, матни и темни води, како и намалување на корисната фауна, како што се рибите или прекумерно зголемување на флората, како алги или водни растенија. Овие критериуми за хранливи материји се приспособени на различни екорегиони кои се дефинирани врз основа на климата, геологијата и типот на почвата. Овие критериуми еволуираат и може да се модифицираат за примена во секој екорегион. Максималната дозволена концентрација на хранливи материји варира во екорегионите, во опсег од 10 до 80 mgL⁻¹ за

вкупно P, од 0,1 до 2 mgL⁻¹ за вкупно N, од 1 до 4 mgL⁻¹ за хлорофил и од 1 до 18 единица за заматеност на формагин (FTU) или нефелометриска единица за заматеност (NTU) за заматеност.

3.2.4. Квалитет на водата за земјоделство

Земјоделството зависи од доволно снабдувањето со вода која може да го одржува растот на растенијата без да влијае на почвата. Всушност, повеќе од 60 % од свежата вода е за производство на храна. Сепак, не постојат стандарди за квалитетот на водата која се користи за наводнување во земјоделството. Постојат само критериуми за квалитет на водата кои се заштитни за посеви-те и почвата. Вкупниот износ на растворливи цврсти материи растворени во водата, кои често се нарекуваат соли, е првиот критериум што се користи за да се одреди соодветноста на неговата употреба за растителното производство. Со неколку исклучоци повеќето култури, вклучувајќи зеленчук и овошје, се умерено толерантни до чувствителни во однос на вкупната количина растворени цврсти материи присутни во водата за наводнување. Иако житните и целулозните култури, како јачмен и памук, може да се одгледуваат добро кога се наводнуваат со малку солена вода со електрична спроводливост на вода (ECW) од 5 dSm⁻¹, повеќето други култури не ја толерираат водата за наводнување со електрична спроводливост над 4 dSm⁻¹ (FAO, 1985). Сепак, многу други специфични параметри за квалитетот на водата може да влијаат на приносите на културите и да ги променат физичките и хемиските карактеристики на почвите. Треба да се земе предвид дека многу од овие параметри се наведени и во табелите за стандарди за вода за пиење со исклучоци како што се Ca ++, Mg ++, Na +, K +, Cl-, фосфати, бор и елементи во траги. Односот на апсорпција на натриум (SAR) заедно со ECW влијае врз наводните својства на инфилтрација на почвата.

$$SAR = \frac{Na}{[(Ca + Mg)/2]^{1/2}}$$

Забелешка: Вредностите на Na, Ca и Mg треба да бидат во мол еквивалентни единици.



4.

НАЦИОНАЛНА И ЕУ ЛЕГИСЛАТИВА

Во понатамошниот дел ќе бидат разгледани Националната легислатива, како и европските Директиви кои се однесуваат на водите.

4.1. Национална легислатива

Во оваа глава накратко ќе биде разгледано националното законодавство. Тука ќе бидат набројани законите и правилниците кои го дефинираат мониторингот на водите, нивното испуштање, како и следењето на испуштањето на истите. Позначаен документ во однос на водите од домашната регулатива кој ќе биде детаљно опишан е Уредбата за класификација на води.

Закон за води

Основниот закон кој ја регулира оваа област е Законот за води („Службен весник“ бр. 87/2008), кој претрпува повеќе корекции и дополнувања во следните години:

- » Закон за изменување и дополнување на Законот за водите „Службен весник“ бр.6/09, 161/09, 83/10, 51/11, 44/12, 23/13, 163/13, 180/14 и 146/15, 52/16

4.1.1. Мониторинг на водите

Мониторингот на водите е опфатен во повеќе членови групирани во поглавјето VI:

- » Поглавје VI од Законот за водите
- » Член 144: Мониторинг на водите
- » Член 145: Државна хидролошка мрежа за мониторинг на водните тела
- » Член 146: Надлежност за мониторинг на водните тела и на водите наменети за користење
- » Член 147: Мониторинг на квантитетот и квалитетот на водните тела
- » Член 148: Мониторинг на водата наменета за консумирање од страна на човекот
- » Член 149: Мониторинг на водата во зоните за капење
- » Член 150: Мониторинг на испуштање на отпадните води
- » Член 151: Мониторинг на водата за наводнување
- » Член 152: Мониторинг на водата од одводнување на земјиште
- » Член 153: Мониторинг на водата која се користи за производство на електрична енергија

- » Член 154: Мониторинг на водите за други намени
 - » Член 155: Мониторинг на водите во подрачја заштитени со прописи за заштита на природата.
- Правилник за содржината и начинот на подготвување на информациите на картографските прикази за активностите за мониторинг на водите „Службен весник“ бр. 148/09.

4.1.2. Урбани отпадни води

- » Поглавје 7 од Законот за води
 - » Член 112: Отстранување на отпадни води
 - » Член 113: Општи обврски
 - » Член 114: Одведување, собирање и прочистување на урбани отпадни води
 - » Член 115: Испуштање на индустриски отпадни води
 - » Член 116: Пред третман на индустриски отпадни води
 - » Член 117: Повторно користење на прочистените урбани отпадни води
 - » Член 118: Користење на тињата од прочистувањето на урбани отпадни води.
- Правилник за критериумите за утврдување на зоните чувствителни на испуштањето на урбани отпадни води.
- „Службен весник“ бр. 130/11
- Правилник за условите, начинот и граничните вредности на емисија за испуштањето на отпадните води по нивното пречистување, начинот на нивно пресметување, имајќи ги предвид посебните барања за заштита на заштитените зони(*).
- „Службен весник“ бр. 81/11
- Правилник за поблиските услови, начинот и максимално дозволените вредности и концентрации на параметрите на прочистени отпадни води за нивно повторно користење.
- „Службен весник“ бр. 73/11
- Правилник за поблиските услови за собирање, одведување и пречистување, начинот и условите за проектирање, изградба и експлоатација на системите и станици за пречистување на урбаните отпадни води, како и техничките стандарди, параметрите, стандарди на емисијата и нормите за квалитет на пред третман, отстранување и пречистување на отпадни води, имајќи го предвид оптоварувањето и методот за пречистување на урбаните отпадни води кои се испуштаат во подрачјата чувствителни на испуштање на урбани отпадни води.

- „Службен весник“ бр. 73/11
- Правилник за начинот и постапката за користење на тињата, максималните вредности на концентрациите на тешки метали во почвата во која се користи тињата, вредности на концентрациите на тешки метали во тињата, во согласност со нејзината намена и максималните годишни количини на тешки метали што може да се внесат во почвата.
 - „Службен весник“ бр. 73/11

4.1.3. Испуштање отпадни води

Закон за води

- » Член 114: Одведување, собирање и прочистување на урбани отпадни води
- » Член 115: Испуштање на индустриски отпадни води.
- Правилник за опасните и штетните материи и супстанции и нивните емисиони стандарди што можат да се испуштат во канализација или во систем за одводнување, во површински или подземни водни тела, како и во крајбрежни земјишта и водни живеалишта.
 - „Службен весник“ бр. 108/11
- Правилник за условите, начинот и граничните вредности на емисија за испуштањето на отпадните води по нивното пречистување, начинот на нивно пресметување, имајќи ги предвид посебните барања за заштита на заштитените зони(*).
 - „Службен весник“ бр. 81/11

4.1.4. Мониторинг на испуштање отпадни води

- » Закон за водите (член 150: Мониторинг на испуштањето на отпадните води)
- Правилник за методологијата, референтните мерни методи, начинот, параметрите на мониторинг на отпадните води, вклучувајќи ја и тињата од пречистувањето на урбаните отпадни води (*).
 - „Службен весник“ бр. 108/11

4.1.5. Класификација и категоризација на водите

Класификацијата и категоризација на водните ресурси во националното законодавство е дефинирана со Уредба за класификација на водите („Службен весник“ бр.18/99).

Со Уредбата за класификација на водите се врши класификација на површинските води (водотеци, езера и акумулации) и подземните води.

Целите на класификација на површинските води се:

- » класификација на водите според степенот на чистота со цел да се избегне влошување на нејзиниот квалитет, како и идентификација на штетните влијанија кои би предизвикале нарушување на физичките и хемиските својства на водата, а со тоа и нарушување на севкупниот воден екосистем;
- » постигнување на добра состојба на водни тела и водните екосистеми, како и на екосистеми кои зависат од водата и
- » постигнување на добра хемиска состојба и добар еколошки потенцијал на водата во силно изменетите водни тела и вештачките водни тела.

Состојбата на површинските води кои припаѓаат на категоријата реки или езера во согласност со член 71 од Законот за водите се утврдува според нивната еколошка и хемиската состојба.

Класификацијата на еколошката состојба на површинските води кои припаѓаат на категоријата реки или езера се определува според физичките, хемиските, физичко-хемиските, биолошките и хидроморфолошките карактеристики на водата, како и според концентрацијата на специфични загадувачки материи.

Еколошката состојба на реките се класифицира земајќи ги предвид четирите главни групи елементи за квалитет, и тоа:

1. Биолошки карактеристики:

- » состав и изобилство на водната флора;
- » состав и изобилство на бентосната безрбетна фауна и
- » состав, изобилство и старосна структура на рибната фауна.

2. Хидроморфолошки елементи кои се јавуваат како поддршка на биолошките елементи и тоа:

а. Хидролошки режим:

- » количеството и динамиката на протокот на водата;
- » спој со подземните водни тела и
- » континуитет на реката.

б. Морфолошки услови:

- » варијација на длабочината и на широчината на реката;
- » структура на супстратот на речното корито и
- » структура на крајбрежната зона.

3. Хемиски и физичко-хемиски елементи што се јавуваат како поддршка на биолошките елементи и тоа:

а. Општи елементи

- » термички услови;
- » кислородни услови;
- » салинитет;
- » состојба со закиселување и
- » состојби со хранителни материи.

б. Посебни елементи

- » загадување со сите приоритетни супстанции за кои е идентификувано дека се испуштаат во водното тело и
- » загадување со други супстанции за кои е идентификувано дека се испуштаат во водното тело.

4. Специфични загадувачки материи:

- » специфични загадувачки материи кои се испуштаат во значителни количини во водното тело.

Еколошката состојба на езерата се класифицира земајќи ги предвид четирите групи на елементи за квалитети тоа:

1. Биолошки елементи:

- » состав, изобилство и биомаса на фитопланктонот;
- » состав и изобилство на другата водна флора;
- » состав и изобилство на бентосната безрбетна фауна и
- » состав, изобилство и возрасна структура на рибната фауна.

2. Хидроморфолошки елементи што се јавуваат како поддршка на биолошките елементи и тоа:

- » количество на хидролошкиот режим и динамика на протокот на водата, време на престојување;
- » спој со подземни водни тела и
- » морфолошки услови како варијација во длабочината на езерото, структура и супстрат на езерското дно, структура на езерскиот брег.

3. Хемиски и физичко-хемиски елементи кои ги поддржуваат биолошките елементи и тоа:

а. Општи елементи

- » просирност;
- » термички услови;
- » кислородни услови;
- » салинитет;
- » состојба со закиселување и
- » состојба со хранителни материи.

б. Посебни елементи

- » загадување со сите приоритетни супстанции за кои е идентификувано дека се испуштаат во водното тело и
- » загадување со други супстанции за кои е идентификувано дека се испуштаат во водното тело.

4. Специфични загадувачки материи:

- » Специфични загадувачки материи кои се испуштаат во значителни количини во водното тело.

Класификацијата на еколошката состојба на реките и езерата врз основа на општите физичко-хемиски елементи се врши во согласност со Стандардите за квалитетна животната средина.

Оценувањето на еколошката состојба на површинското водно тело на реките и езерата во однос на општите физичко-хемиски елементи, се врши преку земање примероци од вода на репрезентативни мерни места на начин пропишан во уредба.

Математичките равенки за пресметување на перцентилите, исто така, се дадени во уредба.

Класификацијата на еколошката состојба на површинското водно тело на реките и езерата според специфичните загадувачки материји во оваа Уредба се врши врз основа на пропишани Стандарди за квалитет на животната средина за специфичните загадувачки материји.

Оценувањето на еколошката состојба на површинското водно тело на реките и езерата во однос на специфичните загадувачки материји од оваа Уредба се врши преку земање примероци од вода на репрезентативни мерни места на следниот начин:

1. Оцената се врши за површинското водно тело на реките и езерата со употреба на податоците од мониторингот собрани за една календарска година;
2. Вредноста од 95-ти перцентил од податоците од мониторингот се користи за да се спореди со стандардите за квалитет на животната средина дадени во уредба, при што резултатите од оцената по загадувачка материја се класифицираат како:
 - » одлични,
 - » добри или
 - » не ги исполнува стандардите за квалитет на животната средина.
3. Лошата состојба се определува преку најслабиот резултат за еден или повеќе поединечни параметри („според најнискиот параметар“). Математичките равенки за пресметување на перцентилите се дадени во уредбата.

Површинските води на реките и езерата во однос на еколошката состојба се класифицираат врз основа на резултатите за оцена на елементите за квалитет и тоа:

- » висока еколошка состојба;
- » добра еколошка состојба;
- » умерена еколошка состојба;
- » недоволна еколошка состојба или
- » лоша еколошка состојба.

Површинските води на реките и езерата се класифицираат во висока, добра и умерена еколошка состојба во согласност со нормативните дефиниции за еколошка состојба дадени во табела која е составен дел на уредбата.

Површинските води на реките и езерата кои не постигнуваат состојба на висока, добра и умерена еколошка состојба од став 2 на овој член, се класифицираат како води со недоволна или лоша еколошка состојба.

Состојбата на силно изменетите водни тела и вештачките водни тела во согласност со член 71 од Законот за водите, се утврдува според нивниот еколошки потенцијал и хемиската состојба.

Еколошкиот потенцијал на вештачките и силно изменетите површинските водни тела се класифицира земајќи ги предвид четирите главни групи на елементи на квалитет и тоа:

1. Биолошки елементи:

- » состав, изобилство и биомаса на фитопланктонот;
- » состав и изобилство на друга водна флора;
- » состав и изобилство на бентосна безрбетна фауна и
- » состав, изобилство и старосна структура на рибната фауна.

2. Хидроморфолошки елементи како поддршка на биолошките елементи и тоа:

а. Хидролошки режим:

- » количеството и динамиката на протокот на водата;
- » време на задржување и
- » спој со подземното водно тело.

б. Морфолошки услови:

- » варијација во длабочината на езерото;
- » количество и структура на супстратот на езерското дно и
- » структура на езерскиот брег.

3. Хемиски и физичко-хемиски елементи како поддршка на биолошките елементи и тоа:

а. Општи:

- » термички услови;
- » кислородни услови;
- » салинитет;

- » состојба со закиселување и
- » состојби со хранливи материи.

6. Посебни загадувачи:

- » загадување со сите приоритетни супстанции за кои е идентификувано дека се испуштаат во водното тело и
- » загадување со други супстанции за кои е идентификувано дека се испуштаат во водното тело.

4. Специфични загадувачки материи:

- » Специфични загадувачки материи кои се испуштаат во значителни количини во водното тело.

Вештачките и силно изменетите површински водни тела врз основа на резултатите за оцена на елементите за квалитет се класифицираат во следните еколошки потенцијали:

- » висок еколошки потенцијал;
- » добар еколошки потенцијал;
- » умерен еколошки потенцијал;
- » недоволен еколошки потенцијал или
- » лош еколошки потенцијал.

Вештачките и силно изменетите површински водни тела се класифицираат во висок, добар и умерен еколошки потенцијал во согласност со нормативните дефиниции за еколошка состојба дадени во уредбата. Вештачките и силно изменетите површински водни тела кои не постигнуваат состојба на висок, добар и умерен еколошки потенцијал се класифицираат како води со недоволен или лош еколошки потенцијал.

Класификацијата на хемиската состојба на површинските водни тела се определува преку присуство, односно отсуство на концентрација на приоритетните супстанции и други загадувачки материи во водата во согласност со Стандардите за квалитет на животната средина за приоритетните супстанции и други загадувачки материи.

- » прозирност;
- » термички услови;
- » кислородни услови;
- » салинитет;
- » состојба со закиселување и
- » состојби со хранителни материи.

Класификацијата на хемиската состојба на површинските водни тела се определува преку присуство, односно отсуство на концентрација на приоритетните супстанции и други загадувачки материи во водата во согласност со Стандардите за квалитет на животната средина за приоритетните супстанции и други загадувачки материи.

Врз основа на присуството, односно отсуството на приоритетните супстанции и други загадувачки материи, површинските водни тела во однос на хемиската состојба се класифицираат на следниот начин и тоа:

- » добра хемиска состојба е состојба кога нема надминување на стандардите за квалитет на животната средина за ниту една од приоритетните супстанции и други загадувачки материи и
- » не постигнува добра хемиска состојба е состојба кога концентрациите во водата на една или повеќе приоритетни супстанции и други загадувачки материи го надминуваат било годишниот просек – стандарди за квалитет за животната средина (СГ–СКЖС) и/или максималната дозволена концентрација – стандарди за квалитет на животната средина (МДК – СКЖС).

5.

ЗЕМАЊЕ ПРИМЕРОЦИ ОД ВОДНАТА СРЕДИНА

Водната животна средина е посебно чувствителна на загадувачи. Два механизма главно се одговорни за транспорт и последователна контаминација на водните тела: дифузија и адвекција. Дифузија е резултат на тенденција на молекулите да се движат од зони со висока кон зони со ниска концентрација. Адвекција е резултат на движењето на водата под дејство на гравитацијата или силите на притисок. На пример, ако сад со пестициди се фрли во езерото, дифузните процеси ќе предизвикаат хемиски пестицидите да се движат подалеку од неговата првична локација, а со адвекцијата силите, како што се бранови и струи, ќе се движат во насока на протокот на вода. На крајот, концентрациите на пестициди може да станат релативно униформни низ езерото. На тој начин, во теорија, водата на крајот ќе биде подеднакво контаминирана. Истите механизми дејствуваат и на други вообичаени форми на загадување на водата, како цевки од канализација за постројки за третман, бродови, чамци, како и рекреативни возила. Водни површини, кои обично се класифицираат како океани, реки, езера, резервоари, генерално имаат похомоген состав од почвите. Всушност, површинските водни тела често се поделени поради тоа што се состојат од слоеви на различни температури и густини и со различни хемиски композиции. Ова значи дека при ослободување на загадувачки материји во водата може или не може подеднакво да се загади целата вода во езерото. Бидејќи концентрациите на загадувачите и други хемиски својства може да се променат низ текот на водата, мониторингот на површинските води мора да вклучува разгледување на овие разнородности.

5.1. Општо за земање примероци

Земањето примероци (семплирањето) вклучува собирање примероци од дефинирана популација на делот што го претставува населението како целина во поглед на некои параметри за мерење. Земањето примероци вклучува физичко собирање и отстранување на една подгрупа од системот за подоцнежна анализа. Главниот проблем на земањето примероци е репрезентативноста. Целта на програмата за земање примероци е да се соберат корисни податоци што резултира со информации кои ќе ги исполнат целите на програмата за мониторинг со најниска цена. Податоците не се информации, па ако примероците не можат да обезбедат потребни информации, тие не се вредни за губење време и трошоци за собирање и анализа.

5.1.1. Избор на локација за земање примероци

Додека прелиминарниот избор на локации може да се преземе од карти и воздушни фотографии, важно е да се обезбеди и директен преглед со цел да се прегледа секоја предложена локација. Важно е да постои безбеден пристап до локациите во сите временски услови. Водата се тестира на самата локација дали таа е правилно измешана и дали еден примерок го претставува протокот во реката или на приливите во речното устие. Не е разумно да се претпостави дека водата не е подеднакво измешана. Дури и планински потоци со брз тек биле набљудувани при нивниот проток блиску до брегот (насип, брана). Исто така, земањето примероци од работ и од текот низ водата треба да се земе предвид. Важно е да се осигура дека брани кои се изградени за проценка на протокот нема да го променат квалитетот на водата и примероците може да бидат земени над вакви структури со слободен проток на водата. Важно е да се изберат локации кои обезбедуваат соодветни просторни информации. Претходно споменатите заклучоци ќе ја одредат локацијата за земање на примероците во голема мера.

5.2. Карактеризација на просторна и временска варијабилност

Добивањето репрезентативни примероци е тешко поради хетерогеноста на животната средина и просторната и временската варијабилност. Таквите варијабилности ќе го утврдат бројот на локации, бројот на повторувања (копии), како и зачестеноста на собирањето. Високата варијабилност на животната средина и логистичките и финансиските ограничувања при собирање на примероците и нивната анализа често резултира со податоци кои се премногу променливи за откривање на нарушување или тенденции.

Видовите варијабилност вклучуваат:

- » просторно варирање на параметрите поради хетерогеноста на животната средина
- » временска зависност и привремени и сезонски ефекти
- » нарушувачки процеси (на пример, поплави, суши и глобално затоплување)
- » дисперзија на загадувачи.

Дизајнот на тековните програми за мониторинг опфаќа краток период на интензивно набљудување, како истражување, за да се утврдат карактеристиките на просторните и временските промени на системот. Потребниот режим

на земање примероци и зачестеноста се потребни за да се обезбеди репрезентативност на профилот на системот кој ќе може да биде утврден за секој параметар. Проценување на варијабилноста на системот ќе овозможи да се земе соодветен број идентични примероци со кои ќе се обезбеди бараната прецизност за интерпретација на податоците и нивна анализа.

Се користат три типа на режими на земање примероци за да одговараат за просторната и временската варијабилност:

- » Систематско земање примероци
- » Случајно земање примероци
- » Словито случајно земање примероци

5.2.1. Систематско земање примероци

Примероците се собираат во редовни интервали во простор или време. Локациите за земање примероци се избрани по сопствена претпоставка за да се покријат најдобрите области и може да биде пристрасни. На пример, загадувачите во седиментите може да не се дистрибуирани рамномерно, па може да бидат високи во близина на изворите а ниски на другите места. Земањето примероци ќе биде интензивно околу овие извори. Ако е избрано систематското земање примероци, сите претпоставки треба да бидат наведени и потврдени за да се спречи земање невалидни примероци.

5.2.2. Случајно земање примероци

Случајното земање примероци е предмет на голем број статистички тестови и постојат јасни процедури кои не се базирани на случајно земање примероци. Нормално, примероци од една локација се собираат по случаен избор, така што секој примерок има еднаква шанса за претставување на целината. Еднаквите шанси за да бидат избрани при земањето на примероците е предуслов за валидни статистички заклучоци. Не треба да има свесен или несвесен избор на примероците. Примероците избрани на организиран или неорганизиран начин не се случајни. Случаен број табели или мрежи со случаен избор на ориентација на оските може да се користи како средство за избор на случајни локации. Поради својствени варијабилности во природните системи, случајното земање примероци ќе бара најголема репликација.

5.2.3. Словито случајно земање примероци

Значително намалување на варијабилноста често може да се постигне со користење на овој метод во однос на случајното земање примероци. Системот на земање примероци е поделен на слоеви, така што секој се разгледува како единствен во однос на параметарот на интерес колку што е можно повеќе. Словите не треба да бидат со еднаква големина, како и бројот на примероци кој е обично во сооднос со варијацијата на словите. На пример, при земање примероци вода за да се добие мерење хранливи материи, хлорофил и алги, езерото може да се подели во два слоја и речното устие преку градиентите на соленоста. Ако се собира риба во езерото е потребно да се погледне акумулацијата на загадувачи, и тие концентрации често се зголемени со староста на рибите. Рибите, исто така, се непостојани (мобилни). Староста на рибите (големината) претставува единица за земање примероци а не географска локација.

Словитото земање примероци е оценувачки во поглед на тоа дека информацијата се користи за да се изберат бројот и распоредот на слоеви, но ова е веројатно најдобар компромис меѓу случајното и словитото земање примероци, бидејќи тоа е релативно слободно во поглед на лична проценка и ги намалува потребите за репликација. Прецизноста при земањето на примероците е подобрена, бидејќи неизвесноста произлегува од варијации во рамките на словите, не од разлики помеѓу словите. Може да има просторни варијации во рамките на локацијата што треба да биде измерена во мониторинг програмата, бидејќи во спротивно процените на избраните параметри може да бидат непрецизни или дури и неточни. На пример, во термички словити води, длабочината на земањето примероци е важна затоа што концентрациите на многу параметри за мерење (на пример, водородни јони, растворен кислород, азот, водород сулфид, и планктони) може да се разликуваат во голема мера помеѓу горните и долните слоеви. Во реките, примероците земени од работ, а не од средиштето на водата, најверојатно, ќе содржат многу различни количини на суспендирани честичи, а на сметка на тоа и различни количини на различни соединенија врзани за честичите. Земањето примероци за флора и фауна или за седименти, живеалишта или видови талог може да варира во локацијата во зависност од однесувањето на водите.

Во формална смисла, овие различни живеалишта или видови талог во рамките на една локација се нарекуваат слоеви.

Постојат три опции за справување со таквите слоеви:

1. Земање примерок од одреден слој

На пример, ако при истражувањето во подлогата на сите локации доминираат песочни седименти, можеби е разумно да се ограничи само на земањето примероци од песочни подлоги. Сепак, заклучоците кои се подготвени се ограничени на песочни подлоги во рамките на локациите и не може да се генерализираат за слоевите од кои не се земаат примероци.

2. Земање примерок од секој слој

На пример, на секоја локација во резервоар или езеро ние може да земеме примероци од вода од два слоја, но е потребно да ги задржиме овие слоеви одделени во анализите, бидејќи ние сме заинтересирани за известување за хемиските компоненти во секој од овие слоеви.

3. Поделба на напорот за земање примероци помеѓу слоевите

Овде целта е да се процени вредноста на мерениот параметар за секоја локација како целина, а не за секој поединечен слој.

5.3. Фреквенција и време на земање примероци

Времето на земање примероци може да се движи од наизменично до постојано. Разгледувањето на времето зависи од процесот кој се истражува. При развој на алги, бројот на клетки на алги може да се удвои на секои 2 – 3 дена. Ако прашањето се однесува на суспендирани седименти, односно хранливи материји или тешки метали, тогаш земањето примероци треба да го одрази текот на настаните кои ги транспортираат нив во и низ водниот систем.

Некои параметри даваат слика на постоечката состојба, некои се интегрирани мерења кои ги одразуваат условите во текот на изминатите (x) месеци. Овие одлуки во временска рамка треба да ги разгледаат:

- » Целите на собирање податоци
- » Карактеристиките на одговорот на интерес. На пример, неделни мерења на клетките на алгите може да бидат соодветни за време на развој на алгите, но ќе биде несоодветни за истражување на рибите. Времето на размножување на организмот може да биде критична детерминанта во временски размери.

- » Статистички или други алатки кои ќе се користат за да се интерпретираат податоците. На пример, временските серии на анализа може да бараат серија од интервали за земање примероци и критичната одлука е кој ќе биде интервалот.
- » За сè за што е потребно подолго време да се случи од периодот во кој се направени мерења не може да се открие.

При некои појави, како што е масениот транспорт на материи, најдобро е да се земаат примероци на хидролошка наместо на календарска основа. Во многу води, најголем влез на загадувачи може да се случи за време на настани бури кога многукратно се зголемува транспортот на честици, хранливи материи, тешки метали, пестициди и други органски соединенија во потоци и притоки. Високите текови повторно ги одложуваат материјалите кои веќе се наталожиле. Има, исто така, сезонски варијации кои се однесуваат на слоевите од трева и управувањето со земјоделското земјиште кои влијаат врз квалитетот и квантитетот. За овие мерења, важно е да се земаат примероци за време на висок проток, бидејќи оние земени во текот на низок проток може да бидат релативно неважни. Земањето примероци најдобро е да биде базирано да се спроведува со користење автоматска опрема која се активира со промените во висината на текот. Мора да се направат одлуки за тоа дали да се користи континуирано собирање на податоците или дискретно земање примероци.

5.4. Прецизност и повторливост

Важно е да се одлучи и за најмалите разлики или промени кои мора да се детектираат, бидејќи тоа го одредува бројот на повторувања и прецизноста кои се потребни. Ако концентрацијата на бакар е 5 микрограми за литар, важно е да се биде во можност да се идентификуваат 5,01, 5,1 или 5,5 микрограми за литар. Треба да се има на ум дека ова е одлука од еколошка или социоекономска важност за разлики или промени кои треба да бидат откриени. Тоа не е исто како статистичкото значење. Откако тешките прашања за големината во разликите или големината во трендовите која мора да се открие се одговорени, тогаш статистичкото прашање колку повторувања се потребни може да се одговори со спроведување соодветни пресметки. Повеќето програми за земање примероци ќе бараат резервни земања примероци во рамките на локациите и во временски рокови за подобрување на прецизноста на мерењето.

Треба да се посочи на тоа што претставува вистинско повторување во рамките на програмата за мониторинг, бидејќи често се случуваат лоши претпоставки, кога се верува дека примероците се реплицираат, а, всушност, тие не се реплицират. На пример, земањето повеќе примероци повеќе пати во река над и под локацијата со цел да се утврди ефектот на лоша претпоставка. Точна репликација би барала земање примероци голем број пати.

5.5. Мерења на терен

Некои мерења треба да се извршат директно на терен, како што се рН и температурата, бидејќи тие може да се променат за време на транспортот и складирањето. Мерењата на терен се состојат од:

- » Мерење на податоци со помош на сензори
- » Набљудувања од далечина
- » Набљудувања на терен
- » Мерења во реално време со автоматска обработка

Важно е да се обезбеди соодветна калибрација на инструментите. Секое мерење треба да се провери во реалноста со прашањето: Дали изгледа разумно во однос на водното тело? Теренски мерења на параметрите овозможуваат ефективни истражувања во реално време на просторната и временската дистрибуција на загадувачи. За жал, прецизноста на таквите мерења е обично намалена поради ограничувањата за брзо откривање потребно за повеќето загадувачи, па тие најдобро се користат како скрининг алатки. Сепак, успешно се користи на самото место за следење хранливи материи.

5.6. Заштита и чување на податоците при земањето примероци

Во повеќето случаи, земените примероци треба да се чуваат пред анализата. Во сите случаи, важно е еднозначно етикетирање на примероците. Мора да се преземат мерки на претпазливост за да се утврди дека примероците не се загадени или променети по собирањето пред да бидат анализирани. Протоколите мора да определат соодветен сад за примерок и техника за зачувување. Изборот на зачувување ќе се разликува во зависност од примероците за анализа кои треба да се мерат. Моносите за чување и складирање вклучуваат избор и деконтаминација на контејнери за земање примероци, избор на техника за зачувување и прифатливи временски интервали меѓу собирање и анализа на примерок. Изборите ќе се разликуваат во зависност

од параметарот кој треба да се измери. Постојат стандарди кои обезбедуваат насока во оваа област. Составот на садот за земање примероци може да влијае на стабилноста на примерокот низ адсорпција и реакции на составните делови на сидовите на садот. На пример, адсорпција на фосфор и тешки метали од примероците на вода се случува со стаклени и пластични шишиња, со оглед на тоа што гасовите може да дифундираат преку пластичните шишиња.

Контаминација на примероци може да настане и ако имаме исцедување на загадувачи од контејнерите за складирање, на пример, траги на метали од стаклото или некои органски соединенија од пластиката. Бактерии на сидовите од контејнерите може да ги користат хранливите материи од примерокот. Капачињата од садовите многу често содржат додатоци (на пример, картон, плута, гума), кои, исто така, може да го загадат земениот примерок, па треба да се отстранат.

Пред употреба контејнерите треба ригорозно да се исчистат за да се отстранат евентуалните нечистотии и треба да се чуваат на начин со кој ќе се заштитат од контаминација. Садовите треба да се изберат според примерокот што се зема, за да се избегне негова контаминација. На пример, ако се земаат примероци од пестициди, не треба да се употребуваат пластични садови и капачиња, поради присуството на пластификатори, кои и по чистењето на контејнерот може да бидат исцедени од примерокот.



Секако, за да се спречат хемиски и биолошки промени, примероците се замрзнуваат или се додава хемикалија. Замрзнување (-10°C) на примерокот ја намалува но не ја отфрла биолошката реакција во примероците. Биолошката активност целосно се елиминира само на -40°C . Хемикалии, како што се хлороформ и живин ацетат, често се користат за да се спречи биолошката активност. Често се додава и киселина за да се спречи адсорпција

на метали на контејнери (или таложeње нерастворливи соли), додека растворувачи (на пр., хексан) се додаваат за да се спречи загуба на органски соединенија, како што се полициклични ароматични јаглеводороди.

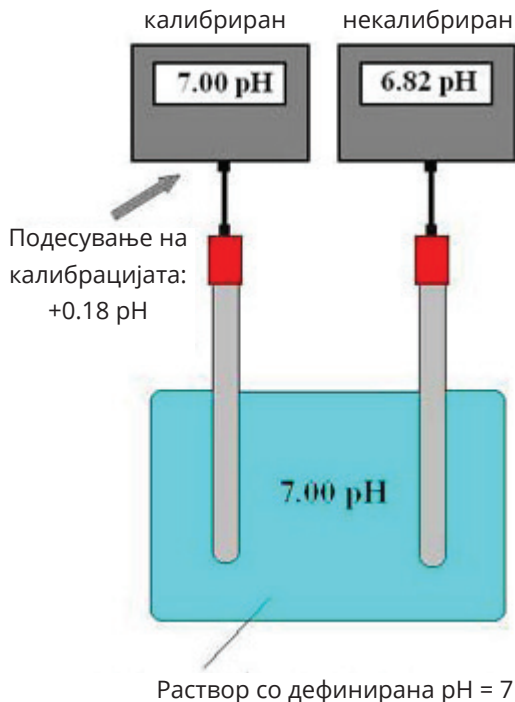
Хемиски конзерванси треба да се избегнуваат поради тоа што може да ги загадат примероците или да влијаат на хемиските и биолошките анализи. На пример, жива може да се меша во колориметриското определување на фосфат. Ако, сепак, се користат хемиски конзерванси, треба да се земе предвид нивното влијание на мерењата.

Дури и ако примерокот е замрзнат или е додаден конзерванс, примерокот може да се чува само одредено време. Во некои случаи овој период може да биде години (на пр., фосфор во морска вода), додека во некои случаи може да биде многу пократко (6 часа за E.coli). Периодот на чување мора да биде дефиниран пред да се земат примероците и протоколот да биде таков за да биде сигурно дека примерокот ќе биде анализиран пред да настанат промени во неговиот состав.

5.7. Обезбедување квалитет при земање примероци

Ако примероците треба да бидат основа за некоја подоцнежна законска постапка, тогаш треба да се внимава на следните прашања:

- » Каде точно е земен примерокот?
- » Дали лицето што го земало примерокот е овластено лице?
- » Како бил примерокот означен со цел да се избегне мешање или замена со друг примерок?
- » Дали постоела опасност на контаминација на примерокот при негово земање?
- » Дали примерок значително се влошил по земањето?
- » Дали складирањето на примерокот ги задоволело потребните услови за да се избегнат загуби?



Откако ќе се утврдат местата на земање примероци, нивната локација мора да биде точно зададена, препорачливо со користење на географски систем за позиционирање. Точната локација на земање примероци, како и сите споредни (дополнителни) места мора да бидат наведени во протоколот за примероци. Во забелешките од терен мора да бидат наведени точни описи на местата од кои се земено примероците за да се споредат со оние места наведени во протоколот за примероци. Забележувањето на времето, кога се земаат примероците е очигледно но често занемарено барање за ригорозно дефинирање примероци.

Кога се користат автоматски апарати за земање примероци, тие мора да бидат калибрирани со цел да се осигура земање примероци во точно одредените интервали. Ова е особено критично кога се работи за услови на значително краткорочни промени во концентрацијата.

Пренесувањето на резултатите во база на податоци треба да биде автоматско, каде што е можно, а споредба може да се прави со резултатите од терен и анализите. Валидација на записи може да се постигне со електронски скрининг во очекуваниот опсег, други анализи од местото на примерокот, датумот на земање на примерокот и теренските мерења. Треба да постои формален документ со листа на лица кои дошле во контакт со примерокот од неговото земање до анализата. Ваквиот документ е задолжителен за правни постапки.

Исто така, задолжителен е и лист на теренски мерења, ако мерењата и анализите се одвиваат на терен. На овој лист се запишуваат сите резултати, како и податоците за калибрација на апаратите. Сета евиденција треба да биде пополнета и завршена пред да се напушти местото на семплирање. Сите информации и забелешките за условите при земање на примерокот, кои ќе помогнат при анализите, исто така, треба да се забележат на овој лист. Оваа

информација може да објасни необични податоци, кои може да се препишат на проблеми во примерокот или анализите.

Целата опрема и теренските инструменти треба да се одржуваат чисти и во добра работна состојба, со евиденција на калибрација и превентивно одржување. Да се чуваат сите податоци за поправка на опремата и инструментите, како и податоци за случувања кои може да влијаат на точноста на инструментот.

5.7.1. Контрола на квалитет

Целта на програмата за контрола на квалитет на земањето примероци е да се контролираат грешките до некое прифатливо ниво. Така, процедурите се дизајнираат да спречуваат, да откриваат и да поправаат грешки при земањето примероци и статистички да ги карактеризираат грешките преку контрола на квалитетот на примероците. Големи грешки кои треба да се избегнат се: погрешно работење на инструментот, земање погрешни примероци и обележување, и промени на примерокот пред анализа (на пример, загадување или хемиски/биолошки промени).

5.8. Протокол на семплирање

Грешките во примероците може да се минимизираат ако е сигурно дека се следеле точни процедури при земање, транспорт и складирање на примерокот. Протоколите за земање примероци (задолжителни процедури што треба да се следат за земање, обележување, транспорт и складирање на примероци и помошни податоци од терен) треба да се напишат и да се почитуваат. Протоколите треба да бидат специфични и да утврдуваат уред за земање примероци, вид на сад за чување и зачувување на процедури.

Протоколот треба да го дефинира видот и бројот на контрола на квалитет на примероците што се земаат. Ова ќе бара разгледување на природата на грешките и нивно оценување (како на систематски така и по случаен избор) и на бараната точност. Извори на грешка вклучуваат реакција со примерокот или садот, контаминација (уред за земање примероци и контејнер), хемиска и физичка нестабилност и биолошки промени.

Обука на овластеното лице како да ракува со уредот за земање примероци, исто така, е наведена во протоколот. Внимание треба да се обрне на очекувани проблеми на терен. Садовите за примероци може да бидат изгубени или волуменот на примерокот може да е помал. Дали може да користиме други предмети? Кој критериум треба да го поставиме според кој ќе ги отфрлиме тие предмети? Што се случува ако од местото не може да се земе примерок? Придржување кон процедурите е неопходно, ако сакаме интегритетот на примерокот да биде оправдан.

Пред да му се дозволи на некое лице да зема примероци, се проверува компетентноста во земањето примероци и теренски мерења. Во најмала рака ова ќе значи придржување кон протоколот и доказите дека нема загадување на примероците, како и способноста за калибрирање на теренската опрема и опсервација на теренот.

5.9. Превенција од контаминација на примероци

Еден од најголемите предизвици при земањето примероци е тие да се заштитат од контаминација (загадување). Основни мерки на претпазливост кои треба да се земат предвид во протоколот се:

- » Теренските мерења треба да се направат на посебен примерок од вода.
- » Садовите за примероци да бидат исчистени.
- » Само препорачаните садови за примерокот треба да се користат при негово земање.
- » Капачињата од садовите треба да се проверат за постоење додатоци кои може да предизвикаат загадување.
- » Садови кои се користат за други намени не треба да се употребуваат.
- » Внатрешноста на садовите и капачињата не треба да дојдат во контакт со раце и други туѓи објекти.
- » Садовите за примероци и филтрите треба да се чуваат во чиста околина, заштитени од прашина, прав, пареа (гасови) итн.
- » Конзервансите треба да бидат тестирани на загадување.
- » Треба да се внимава да не се загадат примероците, при додавање конзерванси.
- » Садовите за примероци што се користат за складирање на примероци за микробиолошки испитувања треба да се стерилизираат.
- » Лицата што ги земаат примероците треба да се дезинфицирани пред постапката.

Кога постои можност за појава на контаминација на примероците, треба да се земе еден чист (референтен) примерок, со кој ќе може да се откријат и да се измерат загадувачите. Постојат различни типови на вакви референтни примероци:

Референтни садови: Пред земање примероци, по случаен избор се бираат садови од секој вид што треба да се користи и се полнат со високо чиста дејонизирана вода или морска вода и се чуваат на истиот начин како што се чуваат вистинските примероци. Анализата на овие референтни садови се користи за откривање на контаминација во текот на подготовката на контејнерот.

Референтни мерења за опрема: Вода/растворувач се користи за чистење на опремата после секое земање примероци и ова се анализира, за да се утврди загадувањето преку контакт на опремата и/или лицето што ракува со неа.

Референтни мерења за теренот/местото: При земање проби од одредено место, една од 10 проби треба да биде референтна, со тоа што садот ќе биде наполнет со дејонизирана вода или морска вода, ако е потребно и додавање конзерванс. На овој начин се прават испитувања за да се утврди загадувањето кое го предизвикува самото место на земање на примерокот.

Многу често не можеме да ги заштитиме примероците од загадување, поради што се трудиме тоа загадување да биде во прифатливи рамки. Кога загадувањето е повисоко од дозволеното, тоа значи дека имаме нови извори на загадување.

5.9.1. Точност и повторливост

Најчесто се применуваат три процедури за да се обезбеди повторливост и точност на семплирањето:

- » Дуплирање на примероците. Дуплирање се постигнува со поделба на еден примерок на два или три потпримероци. Ова овозможува да се утврди големината на грешките (по случаен избор или систематски) кои се случуваат од земање на примерокот до анализирање.
- » Идентични примероци. Се земаат два или три примероци истовремено за да се воспостави репродуктивност на земање примероци.
- » Обнова на познати додатоци. Земање примероци од теренот со познати количини од она што нè интересира и со последователно мерење и споредба ќе овозможи откривање промени.

Контролата на квалитетот е делумно реактивен процес. Ако се појават промени во примероците со отстапување и референтните примероци, треба да се дефинира процедура која ќе го дефинира проблемот и ќе го реши и ако е потребно ќе се направи уште едно семплирање.

5.10. Здравје и безбедност на терен

Опасностите и ризиците кои се јавуваат на местото на земање примероци треба да бидат идентификувани и документирани на прелиминарната посета, во рамките на препораките кои ги дава Законот за безбедност и здравје при работа на РМ („Службен весник на РМ“ бр. 92/2007), како и правилниците кои произлегуваат од него за пропишани постапки при користење заштитна опрема и здравје при работа. Главните прашања кои треба да се вклучат се:

- » Пристапност. Дали лицата за земање примероци може безбедно да пристапат на местото?
- » Дали земањето на примерок е безбедно? Дали местото е склоно кон поплави? Дали крајбрежјето е стабилно? Дали има приливни промени?
- » Дали лицата за земање примероци ќе бидат изложени на токсични или други опасни супстанции?
- » Дали лицата за земање примероци ќе бидат изложени на некои патогени?
- » Дали има потенцијално опасна фауна на местото (пајаци, крлежи, змии...)?
- » Дали временските услови може да ги загрозат вработените? Во планинските предели, временските услови се особено променливи.

Кадарот кој оди на терен, треба да биде физички и ментално способен за работа на терен. На пример, ако се јават проблеми при земање примероци (вработениот да падне во вода), треба да е физички способен да може да се снајде без ничија помош (иако на терен не треба никогаш да работи сам). Соодветна професионална пракса треба да овозможи ваквите ризици да бидат колку што може намалени и, исто така, да не се бара од вработени да работат на места кои се загрозени.

Сите вработени треба да бидат соодветно обучени според формалната стратегија за намалување ризик. Извршената обука опфаќа:

- » Запознавање со опасностите кои може да се сретнат на терен
- » Запознавање со протоколот за земање примероци
- » Употреба на опремата за земање примероци

- » Квалификација за возење соодветно возило (на пример, теренски возила со четири тркала, велосипед, трактори, чамци, дронови)
- » Запознавање со постапките за безбедност
- » Квалификација во напредна прва помош.

Активности за намалување на ризиците:

- » Да се избере безбедно место со безбеден пристап. Потенцијални места кои треба да се посетат по извршената анализа на мапа. Тие треба да имаат разумен пристап, да немаат опасни животни или бодликави и отровни растенија, да немаат стрмни, лизгави и нестабилни крајбрежја, да не бидат склони кон поплави и ненадејни промени во приливот.
- » Да се носи соодветна облека. Да се знае предвреме временската прогноза за местото на семплирање. Персоналот да биде подготвен со топла облека ако е ладно, ракавици и чизми што не се лизгаат на влажни површини. Исто така, да се земе дополнителна облека и ќебиња во случај некој да падне во вода.
- » Да се земе соодветна опрема за безбедност. Да се носат сигурносни појаси при земање примероци на места со нестабилна основа или од чамец. Гумените ракавици се од суштинско значење особено кога се работи со хемикалии или загадена вода, за секој што има отворена рана или преврзана рана, како и во случај кога составот на водата е непознат.
- » Да се носи опрема за прва помош. Секогаш треба да се носи целосно опремен прибор за прва помош и ако е можно да има барем еден во тимот кој е обучен за прва помош.
- » Одржување контакт и движење во група. Да се работи со уште најмалку двајца и некој што ќе може да повика помош. Да се навести за планираните движење. Постојат пишани процедури кои ќе наведуваат како да се пристапи во итна ситуација.
- » Никогаш да не се оди во длабока вода. Ако е потребно примерокот да се земе од подлабока вода, да се користи соодветна опрема и чамец (на пр., спасувачки елек, ракети итн.).
- » Да се избегнува контакт со контаминирана вода. Да се носи вода за пиење. Водата што се испитува никогаш не се пие. Секогаш да се носат ракавици кога составот на водата не е познат и особено ако се земаат примероци каде што има присуство на алги, патогени организми и токсини кои може да се очекуваат (сино-зелените алги може да предизвикаат иритација на кожата и очите). Да се измијат рацете по земање примерок и пред јадење. Однесувајте се кон сите бактериски култури како патогени.

5.11. Економска исплатливост на програма за семплирање

Пожелно е цената на земање примероци и нивната анализа да биде толку ниска за да ги исполнува целите на мониторингот. Ефективноста вклучува размена на податоците за статистичките анализи и цената за добивање на податоците. За да може студијата да се примени, неопходно е да се утврдат сите ресурси и трошоци. Трошоците за стекнување на податоци се определуваат според бројот на места за земање примероци, бројот на земени примероци, репликација, трошоци за земање примероци (на пр., вработени, транспорт и потрошен материјал), трошоци за анализите, како и трошоци за работење со податоците и толкување.



6.

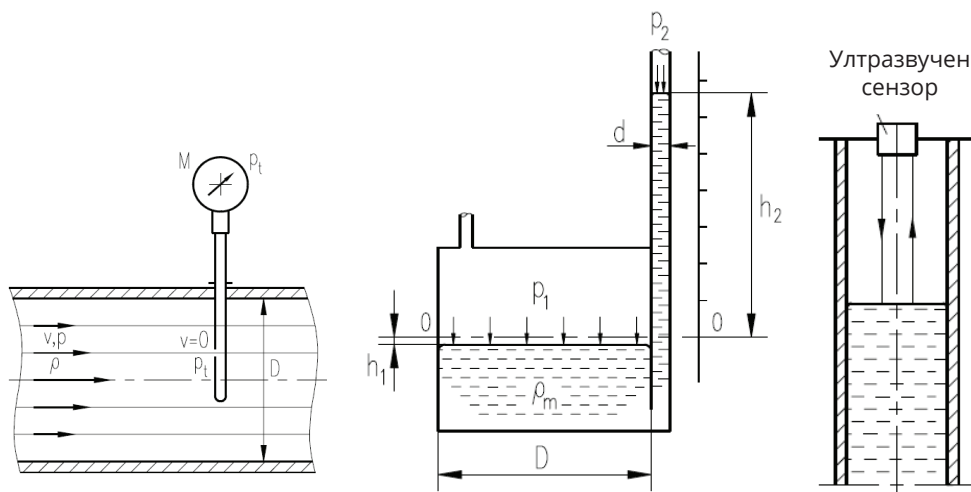
МОНИТОРИНГ НА ФИЗИЧКИТЕ ПАРАМЕТРИ НА ВОДАТА

Од физичките параметри на водата при мониторинг на животната средина како посебно важни се истакнуваат притисокот, протокот, температурата и заматеноста на водата, бидејќи директно и индиректно влијаат на мерењето на параметрите за квалитет на водата. Методите на мерење на физичките параметри, обработени во ова поглавје, се методите кои лесно можат да се имплементираат во модерните системи за мониторинг, особено од аспект на можностите за континуиран мониторинг и брз, лесен и едноставен начин на пренесување, подготовка, обработка, анализа и зачувување на податоците. Мора да се нагласи дека методите за мерење на физичките параметри на водата во ова поглавје се обработени енциклопедиски, поради постоење соодветна стручна литература која ги опишува методите за мерење на физичките параметри на водата (Струјнотехнички мерења и инструменти, А. Ношпал, 2004).

6.1. Мерење притисок

Постојат голем број методи за мерење на притисокот во животната средина, но ние ќе се задржиме на две методи (слика 23):

- » мерење на вкупен (тотален) притисок, каде што има струење на водата во отворени и затворени канали,
- » мерење на хидростатски притисок, каде што струењето на течноста не постои или е толку мало што може да се занемари.



СЛИКА 23: Шематски приказ за мерење струен и хидростатски притисок [11]

Важно е да се напомене дека сондите за мерење струен притисок може да бидат интегрирани мерни претворувачи кои се состојат од пито сонда и соодветен претворувач на измерениот струен притисок во соодветен сигнал (најчесто струен или напонски), кој директно без дополнителна подготовка се пренесува во системот за мониторинг.

Кај уредите за мерење хидростатски притисок, посебно како кај хидростатичкиот еднокрак манометар, отчитувањето на нивото на течноста мора да се изврши со помош на дополнителни уреди кои се приклучуваат на капиларната цевка на манометарот, како капацитивни, индуктивни, ултразвучни, отпорнички, фотоелектрични и други мерачи на ниво, кои обезбедуваат соодветен сигнал за системите за мониторинг.

6.2. Мерење проток

Проток претставува волуменот на водата која се движи низ одредена точка во одреден временски период. Протокот обично се мери во единици кубни метри во секунда, односно m^3/s .

Постојат голем број на методи за мерење на протоците во животната средина, но ние ќе се задржиме на две методи:

- » мерење на проток во отворени канали,
- » мерење на проток во затворени канали (цевководи).

Мерењето на проток е важно за да се одредат волуменските количини вода кои поминуваат низ определен напречен пресек. Заедно со добиените параметри од водата, можеме да ги пресметаме и количините на хемикалии транспортирани со протокот низ водата. Бидејќи водата во потоците се променува постојано во зависност од времето и просторот, многу е важно дефинирањето на времето и местото на мерењето.

За потребите на мерењето на проток во отворени канали се преферира да се избираат пресеци со ниски турбуленции и позната геометрија. Просечен волуменски проток (Q) се пресметува преку разделување на целиот канал на пресеци. Секој пресек кој се разгледува, треба да биде не поголем од 5 % од вкупната широчина на каналот (W_1 до W_m), како и мерење на брзина при различни длабочини на каналот (V), која се мери најчесто со помош на хидрометриско крило (слика 24). Хидрометриското крило е инструмент кој најчесто се применува за мерење брзина на вода во реки, канали, турбински

цевководи и слично. Роторот е изведен со 2 ÷ 3 лопатки со завојна површина (слика 24). Најчесто крилцата се излеваат со оската во едно парче, а дијаметарот на роторното коло обично е $d = 150 \div 200 \text{ mm}$, или помал ако брзината се мери во близина на сидот на каналот или цевководот. Бројот на вртежи зависи од брзината на аксијалното струење, а се мери преку електричните контакти на соодветниот електричен генератор.

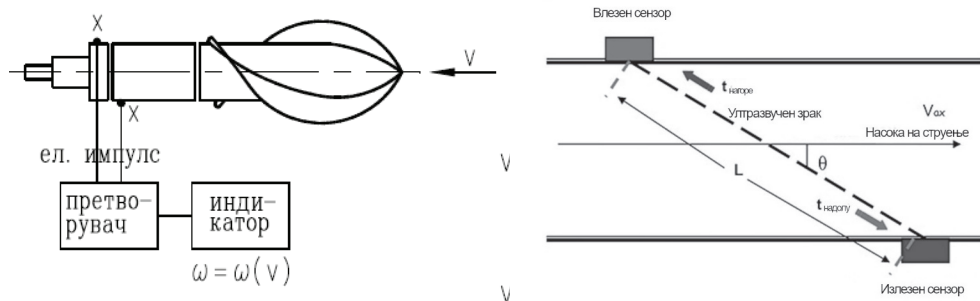
Длабочина ($D_{0.8}$) е на околу 80 % од секој длабочински пресек, додека, пак, длабочината $D_{0.2}$ е на околу 20 % од истиот длабочински пресек.

Протокот се пресметува со следнава формула:

$$Q = \sum_m^1 \left[W \left(\frac{D_{0.8} + D_{0.2}}{2} \right) \left(\frac{V_{0.8} + V_{0.2}}{2} \right) \right]$$

6.2.1. Мерење проток со ултразвук

Ултразвучниот мерач на проток служи за мерење на протокот во цевководи на начин преку кој се мери брзината на протокот со помош на ултразвук. Всушност, мерење на ултразвучниот мерач на проток се базира на акустиката на флуидот која може да зависи од температурата на флуидот, брзината и честичите. Често се употребуваат и се економски достапни, но имаат недостаток што точноста на мерењето зависи од чистотата на мерената вода.



СЛИКА 24: Шематски приказ на мерење проток со помош на хидрометриско крило и ултразвук [11]

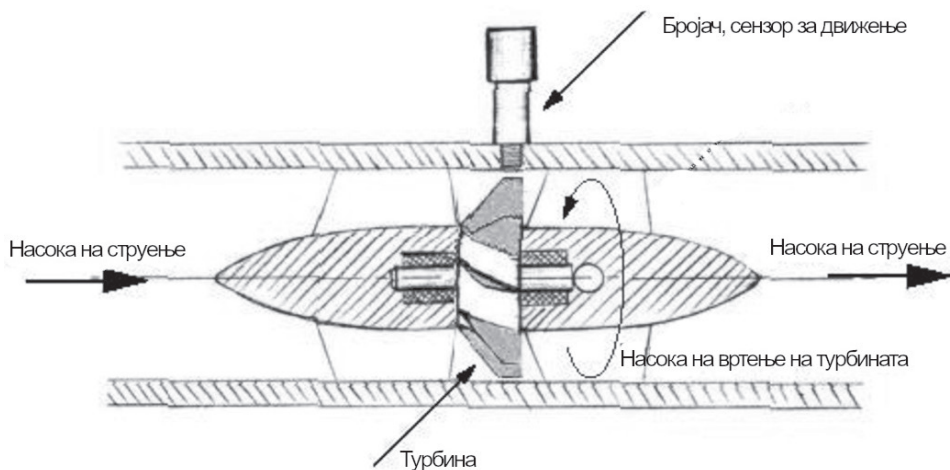
Постојат три различни типа на ултразвучни мерачи на проток:

- » Трансмисионен мерач на проток – ги мери брзината на флуидот преку брзината на звукот;

- » Доплеров мерач – работи врз основа на движечките меурчиња во водата и честиците во неа. Звукот се пренесува во цевка со течности и така се мерат дисконтинуитетите и различните фреквенции;
- » Мерач на проток со отворен канал – се мери висината/длабочината на водата во отворен канал со помош на ултразвучен мерач, додека брзината се мери преку радарски мерач, најчесто преку доплер методата. Протокот се утврдува според геометријата на каналот, односно зависи од неговиот напречен пресек.

6.2.2. Турбински протокомер

Мерењето на протокот со турбинските протокомери се базира на мерењето на брзината на струењето преку хидрометриски крила. Ротирачкиот мерач на проток е мала хидраулична турбина, која се инсталира во цевка низ која струи вода. Притоа протокот се определува како функција од аголната брзина на вртење на турбината.



СЛИКА 25: Шематски приказ на мерење проток со помош на турбина [11]

Турбинскиот протокомер има точност од 0,5 %. Овој протокомер е многу точен, најчесто се користи за прочистени течности и вискозни течности. Најчест излез е синусен бран. Овие турбински протокомери се состојат од мулти-роторски лопатки кои се поставени така што течноста поминува низ нив под прав агол. На горниот дел е поставен собирачот на податоци (datalogger).

6.3. Мерење температура

6.3.1. Механички и електромеханички температурни сензори

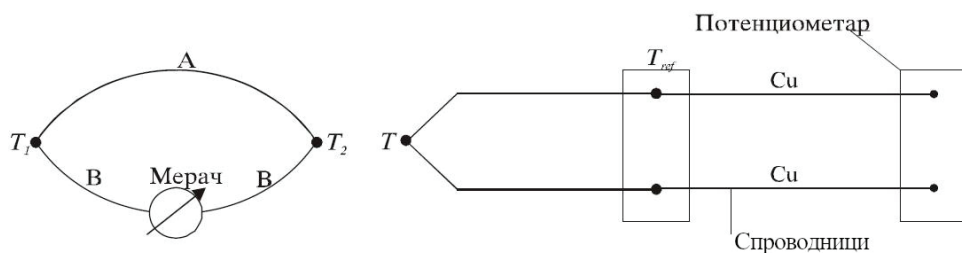
Механичко мерење температура се постигнува со мерење на промената на позицијата на компонентата на инструментот што го менува својот облик или се движи како одговор на промената на температурата. Примери за овие компоненти се биметални елементи и капилари исполнети со течност. Биметалните елементи обично се состојат од две различни метални ленти кои се залепени меѓусебно надолжно. Бидејќи различните метали имаат различен коефициент на експанзија, секој од нив се издолжува (проширува) за различна стапка при одредена промена во температурата. Електричните собни термостати, познати како кружен термостат, кои можат да се најдат во многу домови и станови, користат спирален облик на биметална лента прикачена на микропрекинувач. Промената на обликот на биметалниот елемент се манифестира како издолжување предизвикано од промената на температурата во собата, при што го активира микропрекинувачот, кој е поврзан до управувањето на печка или клима-уред за да ги вклучи или да ги исклучи.

6.3.2. Електронски температурни сензори

Електронски сензор на температура, или „сензорен елемент“ се состои од едноставен уред што ја претвора промената на температурата во некој вид физичка промена, обично промена во позиција (како што е биметална лента или дијафрагма), промена во електрична струја, или промена на електричниот отпор. Во мерењата на животната средина се користат три основни вида на бесконтактни електронски сензори за температура: термопарови, термистори и RTD (термоотпорни сензори). Термоотпорните сензори, термопаровите и термисторите обично се произведуваат во епоксидна заштита или во обвивка на некаков вид метал со цел да ги заштити чувствителните сензори. Материјалот на обвивката се избира во зависност од влијанието на мерната средина на која ќе бидат изложени.

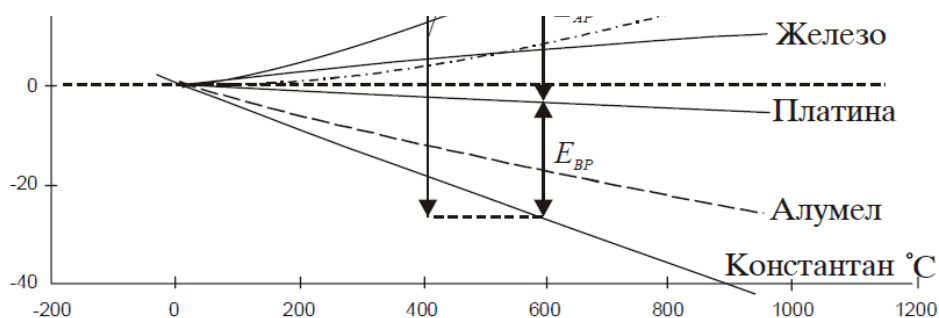
6.3.2.1. Термопарови

За прв пат развиени во 1821 година од страна на Т. Ј. Сеебецк (Т. Ј. Seebeck), термопар е температурен сензор кој се состои од спој помеѓу два различни метала, како што се бакар и никел.



СЛИКА 26: Шематски приказ на термопарови [11]

Термопарот ја мери разликата на температурите на споевите T_1 и T_2 . Електричната струја или напонот во колото е во функција од $T_1 - T_2$. Генерално колото е како на слика 26 со топол спој на T и ладен спој на T_{ref} , референтната температура на изолиран спој. Напонот се мери во услови на нулта струја со помош на потенциометар. Типични сензори вклучуваат тип J, K, и L и други термопарови како во табелата подолу.



СЛИКА 27: Карактеристика напон-температура за термопарови [11]

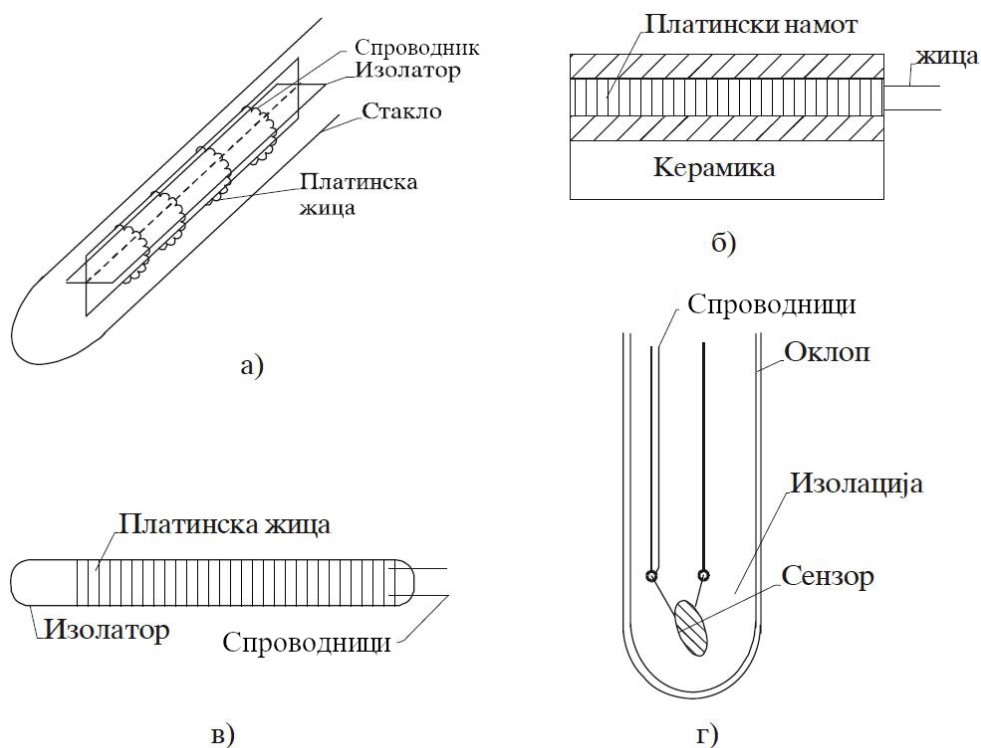
Табела 6: Типови термопарови

Ознака	Состав
E	Хромел со константан
J	Железо со константан
K	Хромел/Алумел
T	Бакар/Константан
S	Платина – 10 % Родиум/Платина
R	Платина – 13 % Родиум/Платина
B	Платина – 30 % Родиум/Платина – 6 % Радиум

Паровите E, J, K и T се користат до 1000 °C, а паровите S, R и B до околу 2000 °C.

6.3.2.2. Отпорнички температурни сензори

Во 1860 година Вилијам Сименс, врз основа на претходно истражување спроведено од страна на Сер Хемфри Дејви, открил дека постои врска помеѓу температурата на металите и електричниот отпор. Понатамошната анализа од страна на Сименс открила дека платината е приоритетен елемент за отпорни термометри. Како што температурата на платината се зголемува, се зголемува и нејзиниот отпор. Модерните отпорнички температурни сензори (RTD) се направени со користење на неколку различни видови метали, вклучувајќи платина, бакар и никел.

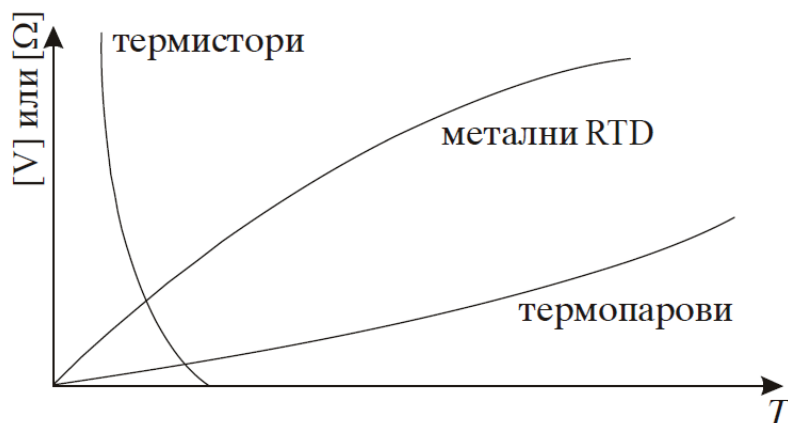


СЛИКА 28: Шематски приказ на термоотпорни сонди [11]

Отпорните температурни сензори се состојат од жица со дебелина на влакно од коса, таа е од никел или платина намотана околу електричен изолатор. Отпорот на жицата се менува речиси пропорционално при промена на отпорот. Отпорниот температурен сензор е пасивен уред. Снабдувањето со електрична енергија (мала струја) обично се изведува преку мерните или управу-

вачките уреди, како што се контролерот за температура или податоци. Мора да се внимава на тоа дека жиците кои го поврзуваат отпорниот температурен сензор до мерниот уред влијаат на отчитувањето на податоците. Овие дополнителни жици може да додадат отпор, кој ќе ја промени измерената вредност. Поради тоа, отпорниот температурен сензор честопати се произведува во верзија со три или четири жици. Третиот и четвртиот приклучок се користат за да се неутрализира секој потенцијал за грешка со балансирање на мерното коло.

Друг тип на отпорнички мерни сензори се термисторите. Тие се разликуваат од RTD сензорите по температурниот опсег и карактеристиката помеѓу температурата и отпорот. Споредба на карактеристиките на температурните сензори е дадена на слика 27. На неа се гледа дека термопаровите имаат најшироко температурно подрачје, но најмала осетливост, додека RTD и термисторите имаат поголема осетливост. Предностите на RTD се долготрајна стабилност и висока прецизност. Термисторите имаат температурно подрачје од 100 до 150 °C, но осетливоста е 10 пати поголема отколку кај RTD. Термисторите може да имаат позитивен и негативен температурен коефициент, и за мерење на температура се користат термистори со негативен температурен коефициент. Термисторските сензори се многу мали и временската константа е споредлива со таа на термопаровите и многу помала отколку кај RTD. Во тесниот температурен опсег во кој дејствуваат, термисторите се споредливи со RTD по стабилност, повторливост и меѓусебна заменливост, но се супериорни по време на реакција и осетливост.



СЛИКА 29: Споредба на температурната карактеристика на сензорите

6.3.2.3. Инфрацрвени температурни уреди

Постојат уреди кои служат за бесконтактно мерење на температурата. Тие можат да работат на различни принципи, но комерцијално најдостапни се инфрацрвените мерачи на температура, кои се одликуваат со висока точност, голема брзина на мерење и големо мерно подрачје, бидејќи не доаѓаат во контакт со топлото тело. Предностите се што мерените вредности се директно во облик погоден за системите за мониторинг, додека најголема негативност е високата цена на чинење.

6.3.3. Предности и недостатоци на типовите сензори за мерење температура

Секој тип на уред за мерење температура има предности и недостатоци во однос на другите видови.

» Термопарови

Предности: многу широк сензорен опсег, ниска цена, висока издржливост, не бара напојување.

Недостатоци: послаба резолуција, поставување.

» RTD

Предности: висока резолуција (промена на отпор при промена на температурата), висока повторливост.

Недостатоци: високата цена, подложност на условите на околината, релативно долго време да се измери температурата (од 5 до 10 s).

» Инфрацрвен

Предности: бесконтактни сензори (што овозможува таа да се користи во услови на многу висока температура), висока резолуција, висока повторливост.

Недостатоци: многу висока цена во споредба со другите видови сензори за температура.

6.4. Мерење заматеност и TSS

Заматеноста ја означува количината на измешани или колоидални материи во водата, особено при ниски концентрации на растворени цврсти материи. Заматеноста директно не зависи од концентрацијата на измешани цврсти материи, бидејќи обоеноста може да влијае врз мерењата. Сепак, едноставно може да се определи врската помеѓу заматеноста и измешаните цврсти материи за сите видови на анализирани средини. За таа цел се земаат примероци и се прават анализи врз нив за да се определи количината на измешаните цврсти материи и тоа при различни вредности на заматеност.

Заматеноста може да биде предизвикана од:

- » честици на глина,
- » честици на мил,
- » растворени, обоени органски материи (CDOM- colored dissolved organic matter) кои апсорбираат УВ-зрачење
- » FDOM (Fluorescent Dissolved Organic Matter) - фракција на CDOM („светат“ под дејство на УВ-зраци).

TSS (Total Suspended Solids) или вкупно количество на суспендирани честици се честиците поголеми од 2 (μm) и најчесто се од неоргански материи, но за концентрацијата на суспендирани честици придонесуваат и бактериите и алгите, како што е прикажано на слика 30. На слика 31 е прикажана разликата помеѓу заматеност и TSS. Иако најчесто меѓу нив не се прави разлика, сепак, постојат неколку причинители кои предизвикуваат или само TSS или само заматеност.



СЛИКА 30: Во концентрацијата на суспендирани честици учествуваат и органски и неоргански материи.



СЛИКА 31: Дијаграм на причинители на TSS и заматеност

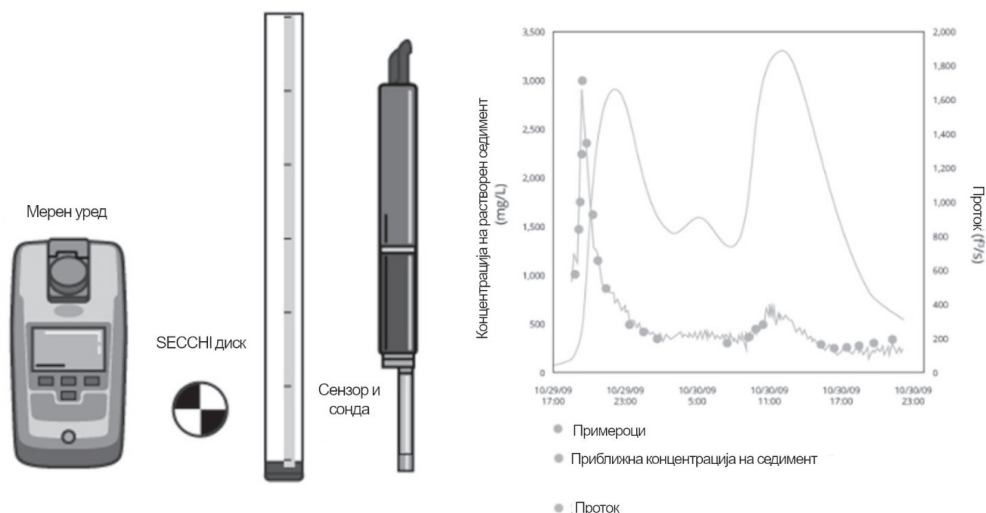
6.4.1. Методи за мерење заматеност и TSS

Заматеноста на водата е еден од најтешките параметри за мерење. Врз основа на методите на мерење се дефинирани единици со кои се стандардизираат нивоата на заматеност и се овозможува нивно споредување. Денес постојат три методи за мерење на заматеноста и две за мерење на вкупното количество суспендирани честици.

Заматеноста на водата може да се мери индиректно преку мерење на длабочината до која продира светлината во водата, или директно со користење турбидиметри или сензори за мерење на заматеноста. Индиректното мерење на заматеноста вклучува користење на Secchi диск и цевка за мерење на заматеноста, кои се евтини и со нив се добиваат брзи резултати, но нивната точност во голема мера зависи и од знаењето и искуството на оној кој ги користи. Турбидиметрите најчесто користат нефелометрија за добивање брзи и доверливи податоци при мерење на заматеноста на одредени примероци вода. Сензорите за заматеност, исто така, се оптички технологии, но кај нив наместо анализирање на претходно земени примероци на водата што се испитува, тие се поставуваат директно во изворот на водата за да се мери заматеноста.

Суспендираните честици се главната причина за појава на заматеност. Најчесто употребуваниот и најдоверлив метод за мерење на TSS е мерење на

масата на честиците. За да се измери количеството на суспендирани честици, примерок од водата што се анализира се филтрира, се испарува и потоа се мери масата на суспендираните честици. Овој метод дава најточни резултати при мерење на TSS, но одзема повеќе време.



СЛИКА 32: Заматеноста може да се мери директно со мерен уред со сензор или сонда или индиректно со Secchi диск. На втората слика е прикажан изглед на мерен дијаграм [1].

6.4.2. Заматеност - мерни единици и мерни методи

Мерните единици за заматеност се квантитативни единици и не постои стандардно претворање помеѓу различни единици за заматеност (NTU или FTU) и квантитативни масени единици (mg/L).

За секој метод на мерење на заматеноста се користи различна мерна единица. Голем број мерни единици се воведени во употреба како последица на промена на изворот на светлина, детекторот или аголот под кој се врши мерењето, бидејќи сето ова предизвикува промена во начинот на читање на резултатите од мерењата за заматеност, т.е. со различни инструменти може да се добијат различни резултати при мерење извршено на ист примерок.

При користење различни инструменти за мерење заматеност е возможно поставување корелации помеѓу мерните единици што тие ги користат. Исто

така, може да се воспоставуваат и корелации помеѓу мерните единици за заматеност и вкупното количество на суспендирани честици.

Корелација помеѓу TSS (mg/L) и заматеноста, мерена во некоја од мерните единици за заматеност, може да се постави со линеарна регресиска анализа. Во случаи кога се работи за минерални суспендирани честици, оваа врска може да се претстави со следната равенка:

$$NTU = a(TSS)^b$$

Каде a, b се коефициенти добиени со регресиска анализа.

Кога релацијата е нелинеарна (повеќе од 40 NTU за нефелометриски методи на мерење) оваа равенка не важи, туку се користи логаритамска трансформација:

$$\log_{10}(SSC) = a \log_{10}(Turb) + b$$

Каде a е коефициент на регресија, додека b е фактор на корекција на влијанието на Duan.

Иако не постојат стандардизирани формули, овие корелации може да бидат многу корисни при мониторирање на квалитетот на водите.

Табела 7: Типови на мерни инструменти за мерење заматеност

Тип на мерни инструменти	Мерни единици
Нефелометриски турбидиметри без сооднос	NTU
Во сооднос на бело светло турбидиметри	NTRU
Нефелометриски турбидиметри блиску до IR без сооднос	FNU
Нефелометриски турбидиметри блиску до IR во сооднос	FNRU
Нефелометриски турбидиметри со површинско распрскување	SSU
Блиску до IR или со монохроматско задински распрскано светло	FBU
Турбидиметри со задински распрскано светло	BU
Блиску до IR или со монохроматско задински намалено светло	FAU
Нефелометриски турбидиметри со повеќе зраци	NTMU
Нефелометриски турбидиметри со ласерска диода	mNTU

Мерните единици кои се користат за мерење на заматеноста треба да се одредени од дизајнот на мерниот инструмент, за да се добијат точни податоци, како што е прикажано во табела 7.

Постојат неколку стандарди за методите за мерење на квалитетот на води и за дизајнот на мерните инструменти. Американската агенција за заштита на животната средина (USEPA) има одобрено осум стандарди за мониторирање вода за пиење и тоа: USEPA Method 180.1, Standard Method 2130B, Great Lakes Instrument Method 2 (GLI 2), Hach Method 10133, Mitchell Methods M5271 и M5331, Orion AQ4500 и AMI Turbiwell. Во останатите земји се најупотребувани: EPA Method 180.1 и ISO 7027.

6.4.2.1. Method 180.1

Method 180.1 е стандард донесен од Американската агенција за заштита на животната средина (USEPA) за дизајнирање на турбидиметри. Инструментите кои работат во согласност со EPA Method 180.1 ја користат нефелометриската единица за заматеност (NTU).

Овој метод користи нефелометриска технологија и го мери распрскувањето на светлината под одреден агол, најчесто од 90, во правец на почетниот (иницијалниот) зрак светлина. За да се намалат разликите при мерењата со различни инструменти, распрсканите зраци светлина не смеат да патуваат повеќе од 10 cm од изворот на светлината до фотодетекторот. Според овој метод, изворот на светлина кај секој турбидиметар мора да биде инкандесцентна светилка (класична електрична светилка) со температура на бојата од 2000 K до 3000 K. Тоа значи дека светлината е полихроматска. Кога светлината ќе стигне до фотодетекторот би требало да се добие резултат од 400 до 600 nm бранова должина. При овие мерења се користи извор на полихроматска светлина, бидејќи дава подобри резултати при вршење анализи на примероци во кои се содржани многу фини честици.

Користењето на инкандесцентна светилка бара постојано калибрирање, бидејќи со повеќекратно користење на светилката се намалува и интензитетот на светлината, што влијае на добиените резултати.

Инструментите кои работат во согласност со Method 180.1 е препорачливо да се користат при мерења кога заматеноста е помеѓу 0 и 40 NTU, односно при анализи на веќе третирана вода.

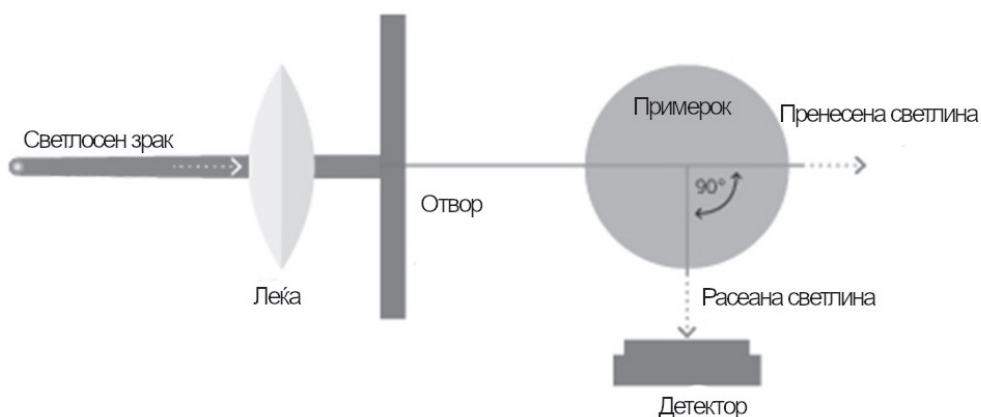
$$NTU = \frac{A(B+C)}{C}$$

Каде A се NTU измерени кај разреден примерок, B е волумен на вода за разредување во mL и C е волумен на земениот примерок во mL.

6.4.2.2. ISO 7027

Интернационалната организација за стандардизација има развиено строг стандард познат како ISO 7027 квалитет на води за одредување заматеност (ISO 7027 Water Quality - Determination of Turbidity). Иако овој стандард е широко применет во Европа, не е одобрен од USEPA во регулативите за вода за пиење.

Овој метод користи исклучиво извор на монохроматска светлина со бранова должина од 860 nm, со можност да варира +/- 30 nm. Иако може да се користат LED или инкандесцентни светилки, не сите видови од овие светилки ги исполнуваат условите одредени со стандардот. При користење на некои LED светилки е потребно светлината да биде со бранова должина од 780 до 900 nm.



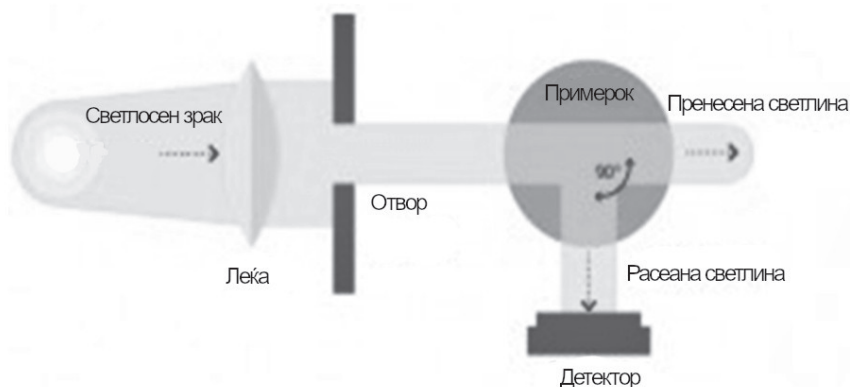
СЛИКА 33: ISO 7027 уредите се базираат на нефелометриска технологија, иако користат инфрацрвена IR монохроматска светлина [1].

Според ISO 7027, аголот под кој е поставен примарниот детектор треба да изнесува $90 \pm 2,5$. Како и кај Method 180.1, должината на патот што го поминува светлината е ограничена на 10 cm. За заматеност во граници од 0 до 40 NTU е препорачливо за овој метод да се користи единицата FNU (Formazin Nephelometric Units).

И Method 180.1 и ISO 7027 користат нефелометриски технологии, калибрирани со formazin стандард, различните видови на светлина и разликите во дизајнот на инструментите даваат разлики при мерењата. Предноста на ISO 7027 е што монохроматската светлина ретко е апсорбирана од обоените честичи и молекули, што ги намалува шансите за грешка при мерењата и инструментите со LED светилка не бараат често калибрирање. Но, при мерења на помала заматеност Method 180.1 дава поточни резултати.

6.4.2.3. Стандардни методи 2130B

Тие се дефинирани од страна на Американската асоцијација за јавно здравје (APHA) во стандардни методи за испитување вода и отпадни води. Речиси идентични со USEPA Method 180.1, стандардните методи 2130B јасно ја дефинираат основата на нефелометричката технологија, како и методи за креирање соодветен стандард за примарна калибрација. Иако двата метода често разменуваат информации, инструменти и процедури на ЕПА 180.1 повеќе се користат на пазарот. Основани во различни години (1993 и 1995 година), USEPA Method 180.1 и стандардните методи 2130B ги одржуваат истите физички барања за согласни мерки на заматеност.



СЛИКА 34: Барањата за нефелометриски мерачи на заматеност базирани на стандардниот метод 2130B и EPA Method 80.1 се скоро идентични (види слика 33) [1].

Покрај сите сличности, постојат две мали разлики помеѓу стандардните методи 2130B и USEPA Method 180.1 кои треба да се напоменат. Првата разлика е дефинирање на примарниот стандард за калибрирање. Во согласност со стандардните методи, единствениот прифатлив првичен стандард е користењето формазин кој е полимер, нерастворлив и гради колоидни честици кои ја расејуваат светлината во сите насоки, приготвен од страна на корисникот, по специфични инструкции наведени за овој метод. Инструкциите ја вклучуваат и специфичната големина на филтер од 0,1 μm ако подготвениот формазин треба да се разрежи (EPA Method 180.1 дозволува големина на филтер од 0,45 μm).

Сепак, методот 2130B наложува дека формазинот, подготвен од корисникот, треба да биде последна опција поради употребата на канцерогени соединенија во неговата подготовка. Наместо тоа, овој метод препорачува користење комерцијални, односно готови производи за калибрација како решение. Таквите раствори, без разлика дали се направени со комерцијални залихи на суспензија од формазин, стирен дивинилбензин кополимери, латекс суспензии или други полимерни суспензии, сите се сметаат како секундарни стандарди (во фаза на воведување).

USEPA Method 180.1, од друга страна, пак, ги смета формазинот подготвен од корисникот, комерцијалниот формазин и AMCO-AEPA-1 стирен дивинилбензин полимер стандарди за примарни стандарди. Само готовите латекс суспензии и метал оксид/полимер гел суспензии се нарекуваат секундарни стандарди од страна на овој метод, како на слика 35.

Втората разлика е во опсегот на мерење на овие методи. USEPA Method 180.1 е ограничен само на 0 до 40 NTU. Сите примероци на заматеност надвор од овој опсег мора да се разрежат под 40 NTU. Потоа резултатите од мерењето се множат со факторот на разрежување, за да се утврди оригиналната заматеност. На 18-тото издание за Стандардни методи (1992) е дозволен овој метод за разрежување и е вклучен како чекор од постапката за мерење примероци со заматеност над 40 NTU. Сепак, секое издание (почнувајќи од 19-то издание во 1995 година) го отстранува овој чекор како постапка за мерење. Наместо тоа, стандардните методи 2130B, како што е познато денес, одат подалеку од овој опсег, овозможувајќи да се измери ниво на заматеност над 1000 NTU. Постапките за мерење иницираат разрежувањето да се избегнува секогаш кога е можно. Стандардните методи објаснуваат дека кога приме-

рокот се разредува, може да се промени и неговиот состав, променувајќи ги резултатите на мерење кон помала прецизност. Според следниов израз, се пресметува заматеноста после разредувањето (кај секундарните методи се избегнува оваа постапка).



СЛИКА 35: Готови претходно приготвени раствори како примарни и секундарни стандарди (Hach-Lange, 2011).

6.4.2.4. Метод за мерење заматеност “AMI Turbiwell”

Овој метод е уникатен со тоа што е одобрен од EPA методот за мониторинг на заматеност за бесконтактен турбидиметар. Како бесконтактен или нефелометар со површинско распрскување, AMI Turbiwell е наменет за континуиран мониторинг, како и други процеси за онлајн инструменти за следење.

До 2009 година, ниту еден дизајн со површинско распрскување не беше одобрен од страна на USEPA, бидејќи се бара изворот на светлина да биде LED со спектрален одсив помеѓу 400 и 600 nm. Светлосниот зрак треба да бидат наклонет кон површината на водата под агол од 45 степени, +/- 5 степени. Треба да се користи разделувач на зраци, за да се одбие еден мал дел од зракот пред да удри на водата. Овој одбиен зрак се користи како референтен сигнал за следење на интензитетот на светлината. Примарниот фотодетектор е поставен под прав агол од изворот на светлина и треба да има краен

спектар како резултат помеѓу 400 и 600 nm. Потоа со помош на алгоритам се одредува нивото на заматеност врз основа на интензитетот на светлината од распрсканите и референтните сигнали.

Иако станува збор за дизајн со површинско распрскување, вкупното растојание на зракот (од LED изворот до фотодетекторот) не треба да надминува 10 cm. За да биде одобрен од страна на EPA, овој метод може да се користи само за опсегот од 0 до 40 NTU. Самиот нефелометар може да се користи до 200 NTU, но, сепак, тие мерки не можат да се разгледуваат од страна на EPA како компатибилни.

6.4.2.5. Мерење заматеност преку методи за бистрина на водата

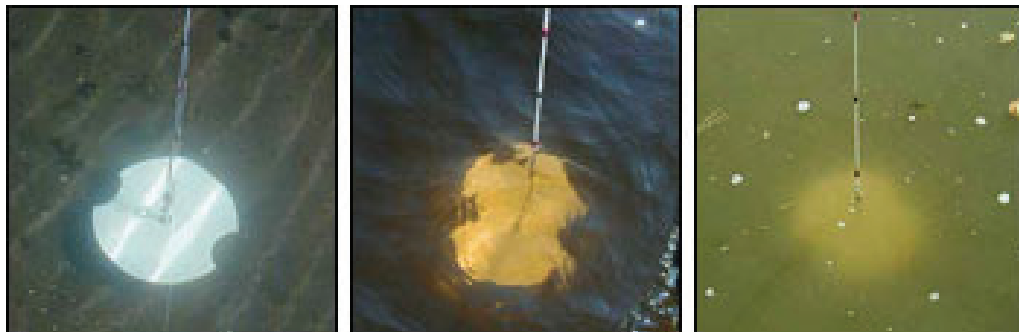
Бистрината на водата и заматеноста се директно поврзани. Во секој тип на вода, колку е поголема заматеноста, толку бистрината ќе биде помала. Меѓутоа, додека едниот е показател на другиот, мерењата помеѓу тие два параметра не се менуваат.

Бистрината на водата се мери со помош на SECCHI диск. Именувани по Angelo SECCHI, овие дискови се обично обоени и поделени во црно и бело, иако целосно бели и црни дискови се користат само во одредени средини. SECCHI дисковите се користат во езера, океани и длабоки реки, каде што се спуштаат длабоко во водата сè додека не се видливи. Потоа полека се креваат нагоре до последната точка на видливост и се запишува растојанието помеѓу тие две точки. Длабочината на која се губи видливоста е позната како длабочина SECCHI. Големите SECCHI длабочини значат висока бистрина на водата и ниска заматеност, додека ниските SECCHI длабочини укажуваат на обратното. Мерењата со SECCHI диск се потпираат на светлината во водата. Со други зборови, тие ја мерат длабочината на видливоста врз основа на пробивање на светлината.

Кога дискот е под вода, светлината се одбива од него и го прави дискот видлив за човечкото око. Ако дискот е обложен со алги, талог или растворен обоен материјал, светлината не се рефлектира кон набљудувачот. Наместо тоа, светлината е распрскана и измешана. Колку повеќе е распрскана светлината, толку помалку е видлив дискот.

Поголемите, целосно бели SECCHI дискови обично се користат во морските средини, додека црно-белите дискови се стандардни дискови за езерските

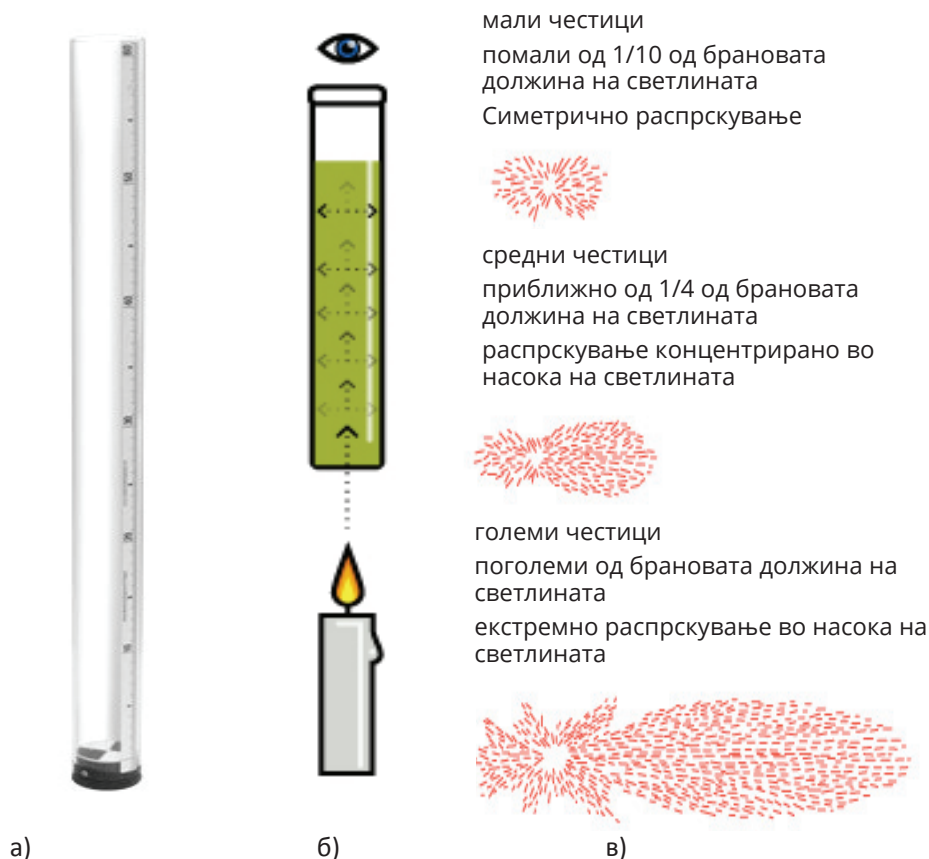
средини. Овие дискови обично се врзани на мерна лента или на лост за полесно мерење. Кога се користи овој метод обично резултатите се запишуваат во метри или сантиметри.



СЛИКА 36: Мерење на заматеност со SECCHI диск

Целосно црните SECCHI дискови се корисни за плитки езера и реки, каде што се користат за хоризонтални мерења наместо вертикални за длабочини. Тоа овозможува попрецизно мерење на бистрината на водата на плитки места каде што дискот, сепак, би бил видлив на дното. Целосно црниот диск овозможува поголема видливост и покрај пенетрацијата на сончева светлина и хоризонталното мерење кое нуди можност да се земе SECCHI мерка која е поголема од длабочината на водата.

Во плитките места, каде ниту вертикалните, ниту хоризонталните мерења се ефикасни, може да се користи транспарентна таканаречена SECCHI епрувета. Транспарентните епрувети може да се видат со црно\бели дискови кои може трајно да се прикачени на дното на епруветата или со посебни уреди (слика 37 а). Во првиот случај транспарентната епрувета се полни со вода полека додека дискот на дното не исчезне. Потоа од самата епрувета се чита длабочината. Во вториот случај, познат како SECCHI стандард, епруветата се полни со вода со висина од 1 метар, а потоа посебниот SECCHI диск се спушта во неа сè додека не престане да се гледа. Така се добива таканаречена точка на исчезнување (многу сличен метод како кај големите дискови што се спуштаат во поголемите и длабоки води). Овие методи иако се сметаат за ефикасни, тие се онолку прецизни колку што е добар видот на корисникот. SECCHI мерењата може да бидат променливи во зависност од сончевата светлина, брановите на водата, периодот од денот и човечката грешка во читање SECCHI длабочина.



СЛИКА 37: а) SECCHI епрувета, б) Џексонов турбидиметар со свеќа в) распрскување на светлината

Покрај тоа, тие не се практични кога заматеноста е под 5 NTU или ако се потребни попрецизни резултати. Светската здравствена организација и некои други агенции специфицираат водата за пиење да биде максимум 1 NTU, затоа SECCHI дисковите и епрувети не можат да се користат за обезбедување на оваа препорака. Сепак, тие се лесно достапни, преносливи и доста интуитивни за користење.

6.4.2.6. Историски метод за мерење заматеност

За овој метод на заматеност се користи Џексоновиот турбидиметар со свеќа (слика 37 б). Развиен пред повеќе од еден век, овој инструмент е направен од свеќа и стаклена епрувета со рамно дно. Слично како кај транспарентни-

те епрувети, водата се долеа во епруветата сè додека пламенот на свеќата веќе не е јасно видлив. Светлината не исчезнува сосема, туку само пламенот. Ова се случува само кога интензитетот на емитираната светлина е еднаков со светлината расфрлана од честиците во водата. Колку повеќе е матна водата, толку побрзо пламенот исчезнува. Овој метод е прв обид да се измери заматеноста. Како додаток на инструментот, развиена е стандардна суспензија, дозволувајќи да се одреди стандардната вредност во епруветата од страна на корисникот. Додека скалата кај турбидиметарот е ррт $\square$ силикон диоксид, единицата за овој инструмент се вика Џексонови единици на заматеност (JTU). Откако формазиот бил пронајден во 1926 година, оваа единица се користи како нов стандард за читање на вредноста, покрај Формазин единиците на заматеност (FTU). Сепак, дури и со подобрувањето на стандардите, овој метод е ограничен во обем. Џексоновиот турбидиметар со свеќа не може да го одреди нивото на заматеност под 25 JTU. Исто така, крајно субјективно е читањето на вредности што се темелат врз основа на човечки набљудувања. Тоа доведува до грешки врз основа на личната перцепција и гледања. Понатаму се развиени и други турбидиметри, но тие, пак, останала зависни од човечкиот вид. Денес овие методи се сметаат за застарени со воведувањето методи со сензори, кои нудат поголем опсег на мерење и подобрување на точноста.

6.4.2.7. Мерење на заматеноста со дигитален мерач за заматеност

Еден од повеќе вообичаените методи за мерење на нивото на заматеност е со дигитален мерач на заматеност. Ваквите мерачи може да бидат рачни, теренски или да се наменети за употреба на лабораториска работна маса. Овие инструменти користат извор на светлина и еден или повеќе сензори за мерење на светлината распрскана низ честиците вода.

Светлината се распрскува и се апсорбира од страна на честиците во водата. Дури и чистата вода има распрскана светлина која се должи на присуството на растворени честици и молекули. Ова распрскување може да биде во која било насока (слика 37 в), а интензитетот во која било дадена насока зависи од изворот на светлината и големината на честиците. Кога една честица е многу помала од зракот на светлина, распрскувањето е прилично симетрично во сите правци. Колку се поголеми честиците, толку повеќе светлина ќе биде распрскана нанапред (далеку од светлосниот извор).

Брановата должина влијае на распрскувањето на светлината. Кратките бранови должини распрскуваат повеќе светлина од долгите бранови должини

за ист број на честици. Пократките бранови должини, исто така, се повеќе подложни на апсорпција од страна на обоени молекули во примерокот. Во близина на инфрацрвена светлина таа ретко се апсорбира, па така растворените обоени материјали нема да влијаат. Ова е една од причините зошто мерењата на заматеност направени преку различни методи често не можат да се споредат ако изворот на светлина е различен, распрскувањето на светлината ќе биде различно.

Кога овие работи ќе бидат земени во пресметките, тогаш би се добиле еквивалентни резултати. Поминатото растојание на распрсканата светлина, исто така, влијае во мерењето на заматеност. Колку е подолг патот на светлината помеѓу изворот на светлината и фотодетекторот, толку е поголема резолуцијата на инструментот за ниско ниво на заматеност. Најголеми должини се на 90 и 180 степени, должината на патот на светлината е ограничена до 10 (cm) вкупно. Сепак, колку повеќе се присутни честиците во примерокот, толку повеќе светлина ќе се распрска. Мерачите на заматеност ја мерат количината на светлина расфрлана во одреден агол и ја конвертираат таа мерка во мерка за заматеност. Некои турбидиметри се дизајнирани да компензираат за бојата на апсорпција и високата заматеност, додека други се наменети за прецизни и точни читања на многу ниски нивоа на заматеност. Повеќето мерачи на заматеност користат нефелометричка технологија, иако постојат инструменти за разредување и пропорционалност.

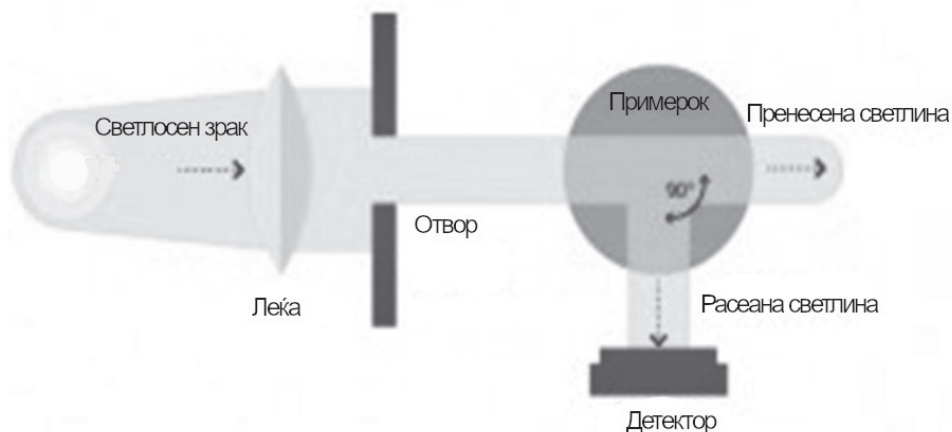
6.4.3. Нефелометрија

Нефелометрија значи дека изворот на светлина и фотодетекторот се поставени под агол од 90 степени, еден од друг. Овој агол се смета за повеќе чувствителен на распрскана светлина без оглед на големината на честиците. Сепак, светлината е ограничена на пониски нивоа на заматеност (под 40 NTU) и е подложна на пречки од растворени обоени материјали. Точните нефелометрички мерења се ограничени на 0 до 40 NTU поради односот помеѓу распрсканата светлина и заматеноста. Во овој опсег, распрсканата светлина и заматеноста имаат линеарен однос. Линеарноста се губи кога нивото на заматеност се издигнува над 40 NTU.

И покрај овие недостатоци, оваа технологија најчесто се користи за откривање на аглите на незамаатеност и е основа на многу инструменти за мерење на заматеност. Нефелометричкиот дизајн може да биде во согласност со кој било EPA Method 180.1 или ISO 7027, во зависност од изворот на светлина кој

се користи. Ако извор на светлина е светилка со влакно од волфрам, инструментот е во согласност со EPA Method 180.1 и треба да се користат Нефелометрички единици на заматеност (NTU).

ISO 7027 нефелометричките инструменти користат инфрацрвен LED извор на светлина и за нив се препорачува Формазин нефелометричка единица (FNU).



СЛИКА 38: Нефелометриски мерачи на заматеност со расеана светлина под 90° [1]

Нефелометричката технологија се базира на следниов алгоритам:

$$T = a_0 \cdot I_{90}$$

T = заматеност во NTU единици (0 – 40)

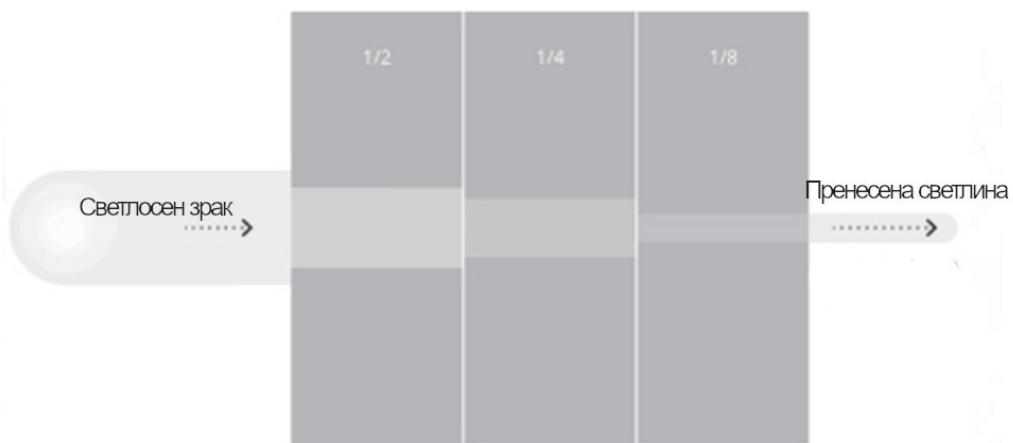
a_0 = калибрациона константа

I_{90} = јачина на струја од детектор на 90° расеана светлина.

Како што е наведено погоре, основните нефелометрички дизајни се препорачуваат само за употреба на примероци со заматеност помеѓу 0 – 40 NTU. На повисока заматеност, распрсканата светлина како што патува може да погоди повеќе честици, намалувајќи го интензитетот на светлината. Како што се намалува интензитетот на светлината, се намалува и прецизноста на инструментот. За да се компензира овој ефект, треба да се разрежи примерок под 40 NTU. EPA Method 180.1 и ISO 7027 дозволуваат разрежување на примерокот, може да се искористат со повисока заматеност по препорака на избраниот метод. Тие се осетливи на обоени пречки и не се веродостојни

при повисока заматеност, многу инструменти се фокусирани околу ваквата проблематика. Со комбинирање нефелометричка технологија заедно со детектор на разредувањето или дополнителен детектор на аголот, може да се подобри точноста и сензитивноста на инструментот.

6.4.4. Разредување



СЛИКА 39: Разредување – како што поминува светлината низ примерокот ќе се намали интензитетот поради расејување и апсорпција.

Тие не мерат во вистински единици на заматеност. Ваквите инструменти го мерат само износот на светлина која се емитува од изворот на светлина до фотодетекторот и истите се евидентираат како процент на вредноста од износот на оригиналната светлина. Кога е во согласност со ISO 7027, нивото на заматеност мора да биде над 40 NTU и се објавува во Формазин разредувачки единици (FAU). Ваквите инструменти за мерење на заматеност преку разредување не се одобрени од страна на ЕРА, иако тие може да се применуваат за пресметување на чистотата на водата.

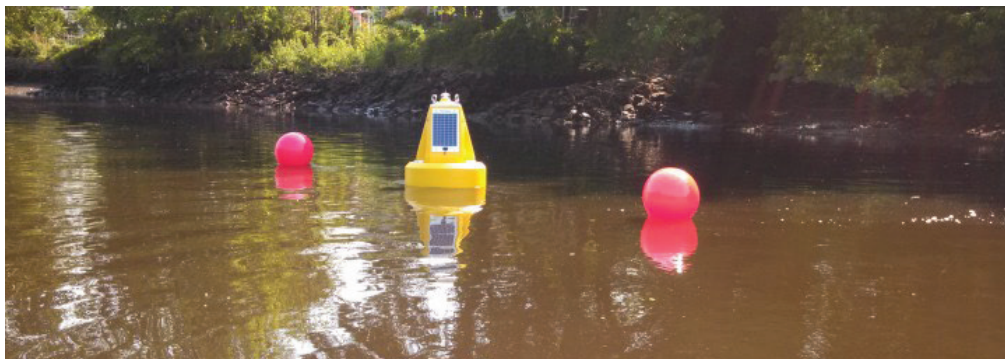
Оваа технологија се користи таму каде што се очекуваат пречки од обоеноста и се наменети како дел од мерењето. Овие инструменти претпоставуваат дека молекулите се рамномерно распределени по текот на целиот примерок. Обоеноста и заматеноста се блиску поврзани, како што обоените молекули апсорбираат светлина, притоа влијаејќи на бистрината на вода. Сепак, мерењето на заматеност врз основа на растворен обоен материјал не

се поврзува на никаков начин со концентрации од суспендирани седименти или севкупни суспендирани материи. Како обоени примероци не мора да значи дека тие содржат талог или цврсти материи, затоа што тоа не влијае на таквите концентрации.

6.4.5. Мерење заматеност со сензор

Употребата на динамички инструмент за заматеност, односно сензор за заматеност, станува сè повеќе популарен за употреба во мониторингот на квалитетот на водата. Овие сензори, исто така, се познати и како подводни турбидиметри. Динамичко мерење значи дека сензорот за заматеност е потопен во вода и извршува мерење во природни услови. Статичките мерења, од друга страна, се извршуваат врз основа на примероци кои биле земени од некоја водна средина. Како такви, сензорите за заматеност се идеални за употреба во потоци, реки, езера и океани поради нивната можност за следење на промената на лице место. Способноста да се потопи сензорот директно во водата, нуди можност за релативно континуиран мониторинг во прилог на земање моментални мерки. Подводен сензор за заматеност може да биде поставен или оставен без надзор, за релативно континуирано следење на површината на водата.

Во прилог за нивната способност за обезбедување континуирани податоци за заматеноста на лице место, се сметаат за поверодостојни од методите за земање примероци од површината на водата. Динамичките инструменти може попрецизно да го одразат движењето на честичките во водата, особено кога е присутен поголем талог.



СЛИКА 40: Потопен сензор за динамичко мерење на заматеност за мониторинг во реално време.

Овие сензори, исто така, се корисни при изведување прочистување, кога е потребно да се измери амбиенталната заматеност која е над дозволените граници. Понатаму, со овој сензор за заматеност не постои ризик од грешки поради нерепрезентативни примероци, вештачко регулирање или други пречки (на пример, гребнатинка на стаклото).

Дополнително, не сите нефелометрички сензори за заматеност се во согласност со стандардите за следење на квалитетот на водата. Недостигот од усогласеност на сензорите за заматеноста не е показател за точноста, но покажува дека инструментот не ги исполнува сите барања на стандарден дизајн. Овие инструменти сè уште може да се користат за ефикасно следење на промените во заматеноста сè додека се употребуваат соодветни единици. Ако сензорот користи бела светлина (400 – 680 nm) LED со еден нефелометричен фотодетектор, тогаш не треба да се користат NTU. Повеќето сензори за заматеност на пазарот денес користат инфрацрвен извор на светлина, користат или FNU или FBU како препорачана единица.

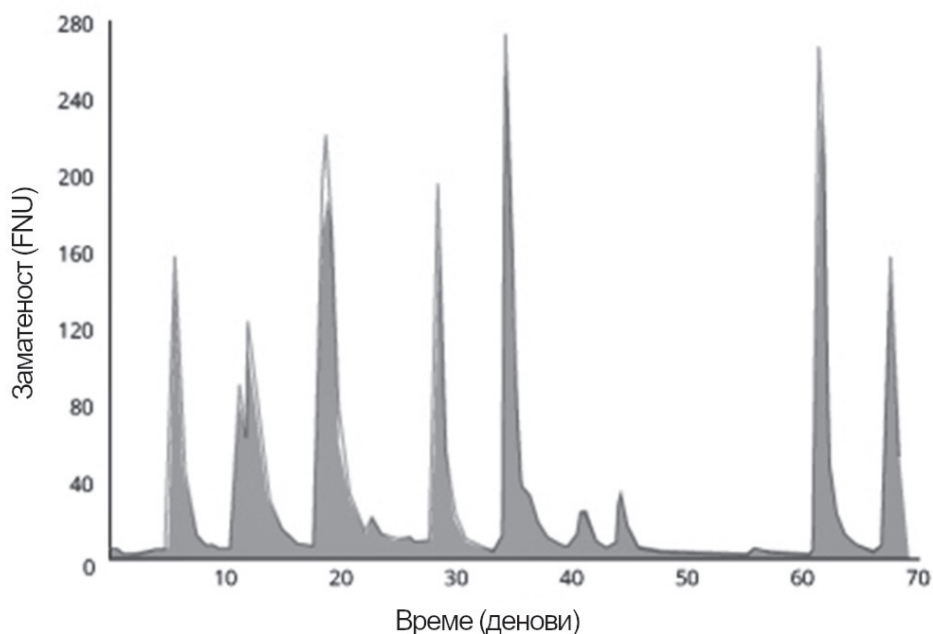


СЛИКА 41: Потопни сензори за динамичко мерење на заматеност за мониторинг во реално време.

Со сензорите за заматеност, исто како и мерачите, важно е да се користи истиот инструмент во текот на целата студија за конзистентни податоци. Употребата на препорачани единици обезбедува точни резултати, иако единиците на заматеност сами по себе немаат вредност. Податоците од различно

дизајнирани инструменти не може да се споредат, затоа што секој сензор ја мери распрсканата светлина од суспендираните честици поинаку и така генерира различни вредности за истата вода. Некои сензори се поточни на пониско ниво на заматеност, додека други нудат способност на мерење широк опсег на заматеност.

Пример за тоа како два сензора може да бидат од ист ISO 7027 стандард, но излезните податоци за поголеми вредности на FNU значително се разликуваат. Сензорите на заматеност во согласност со ISO 7027 се споредливи помеѓу 0 – 40 NTU. Надвор од овој опсег, се препорачува споредба само на податоците од истиот модел на сензор.



СЛИКА 42: Споредба на два потопени сензора за динамичко мерење кои се според ISO 7027 [1].

6.4.6. Разредувачки сензори за заматеност

Ова е технологија која често се користи кај паметните машини за перење. Овие сензори за заматеност го мерат загадувањето на водата. Количината на светлина која стигнува до фотодетекторот утврдува колку долго треба да

трае секој циклус и заштедува енергија кога заматеноста е ниска. Намалувањето на интензитетот на светлината може да се должи на апсорпција на боја или распрскачки честички. Поради големата осетливост на обоени пречки, разредувачките сензори за заматеност не се препорачуваат за употреба за мерења квалитет на површината на водата.



СЛИКА 43: Разредувачки сензор за мерење заматеност

Од претходно наведените податоци може да се заклучи дека мониторингот на водите е процес кој мора да се одвива според дадени стандарди. Имено, податоците кои се добиваат од различни инструменти за мерење не може да се споредуваат, дури и кога инструментите се калибрирани според исти стандарди. Најголемата разлика е во изворот на светлина што се користи, но важна улога имаат и фотодетекторот и самиот дизајн на инструментот. Големите број применети методи и дизајни овозможуваат избор на турбидиметар или сензор за конкретна, специфична примена, но воедно и ја ограничуваат споредливоста на добиените податоци. Точноста и корисноста на добиените резултати од мерниот инструмент зависат од неговиот дизајн и од мерниот метод што го користи. Затоа, е неопходно да се користат мерните единици кои се препорачани врз основа на дизајнот на турбидиметарот или сензорот.



7.

МОНИТОРИНГ НА ХЕМИСКИТЕ ПАРАМЕТРИ НА ВОДАТА

Голем број на физичко-хемиски мерења може да се направат на самото место при собирање примероци за други испитувања на хранливи материи, метали, органски материи и јони. Ваквите мерења на самото место може да вклучат рН вредност, електрична спроводливост, температура, концентрирани раствори на кислород, редокс потенцијал и заматеност или зрачење. Иако со изборот на овие параметри, според некој степен мерењето е релативно лесно, секој од овие параметри обезбедува витални информации за состојбата на водата. Како такви, тие често може да служат како бруто мерки за квалитетот на водата или да обезбедат навремено предупредување за појави како контаминација, незаконско празнење, или некои мерливи еколошки и биолошки промени. Сепак, едно а некогаш и повеќе мерења не се доволни извори за собирање податоци за настанатите појави и промени, затоа тие се комбинираат со примероци и анализи со други поспецифични хемиски и биолошки параметри.

Предноста на овие мерења на лице место се елиминирањето на потребата од собирање, транспортирање и чување на примероците при анализата и овие мерења претставуваат моментален индикатор за физичко-хемиската состојба на водата. Поради овие причини, зголемена е примената на мерењата на самото место и употребата на инструментални техники за испитување на општите параметри на водата, а и активно се истражуваат и развиваат нови техники и сензори за мерење. Еден од тие уреди за мерење на поголем број физичко-хемиски параметри на водата, прикажан на слика 44, се нарекува мултипараметарска сонда и постои во изведба со 5 ÷ 13 сензори кои во зависност од употребената технологија помалку или повеќе може да парираат на стандардните методи на мерење физичко-хемиски карактеристики на водата, но бидејќи резултатите од мерењата се добиваат моментално, стануваат незаменливи уреди при континуираниот мониторинг на физичко-хемиските параметри на водата. Иако прецизноста не е на ниво на стандардните методи за мерење на физичко-хемиските параметри, сепак, кај мултипараметарските сонди се избегнува можноста за компромитирање на земенiot примерок поради несоодветен транспорт до лабораторија, бидејќи мерењето на вредностите на параметрите се случува на местото од каде се зема примерокот, во реално време.



СЛИКА 44: Мулти параметарска сонда за мерење физичко-хемиски параметри на водата (Horiba Ltd., 2012).

7.1. Мерење pH на водата

Нагодувањето на pH вредноста на отпадните води е еден од најчестите процеси во индустриските системи на нивен пред третман. Поради различните киселини и бази кои се користат во индустриското производство, како и процесната индустрија, кај повеќето постројки е неопходно да се обезбеди поволна pH вредност на отпадната вода пред нејзино испуштање во површинските води.

Оптималната pH вредност зависи од постројката и од процесот во кој се применува водата. При директни испуштања, ефлуентот би требало да има вредност помеѓу 6 и 9 за да се заштити реципиентот. При индиректни испуштања, pH вредноста има малку пошироки граници, па тогаш таа мора да биде помеѓу 5,5 и 10 за да се заштити комуналниот колекторски систем од корозија. Во случај кога системите за претходен третман вклучуваат биолошко прочистување, pH вредноста на отпадната вода мора да се наоѓа во релативно тесни граници, помеѓу 6,5 и 8,5 пред нејзино влегување во биолошки реактор.

Доколку биолошкиот систем е проектиран и за нитрификација, оптималната pH вредност обично е од 7,5 до 8,5, иако некои процеси непречено работат и

при пошироки граници. Важно е да се напомене дека оптималните вредности може да се менуваат со разликата во температурата, конфигурацијата на процесот (повремен или континуиран) и неговата технологија (аеробно или анаеробно прочистување).

Доколку се испушти кисела отпадна вода во колекторскиот систем, таа може да предизвика несакана хемиска реакција. На пример, кога цијанидните јони од отпадната вода ќе дојдат во контакт со кисели отпадни води, добиената комбинација ќе резултира со добивање водороден цијаниден гас, кој е исклучително токсичен. Сулфидите во отпадната вода можат да се комбинираат со киселите индустриски отпадни води, при што се добива сулфур водород. Водород цијанидот и сулфур водородот се опасни и во ниски концентрации. Дополнително, гасовитиот водород сулфид може биолошки да оксидира, при што се формира сулфурна киселина, која може да ги кородира бетонските цевки.

Терминот рН, кој се користи за да се опише киселата или базната состојба на растворот, се дефинира како негативен логаритам на концентрацијата на активни водородни јони ($[H^+]$) изразено во молови за литар.

$$pH = -\log[H^+]$$

или

$$pH = \log 1/[H^+]$$

Скалата на рН вредност се движи од 0 до 14, при што неутралната точка (7) е рН вредност на чиста вода на приближно 25 °C. Базните (алкални) раствори имаат рН вредност над 7, додека киселите раствори имаат рН вредност под 7. Поради тоа што се работи за логаритамска функција, раствор со рН вредност 5 има 10 пати повеќе активни водородни јони отколку раствор со рН вредност 6. Соодветно, раствор со рН вредност 2 има 1000 пати повеќе активни водородни јони отколку тој со рН вредност 5. Раствор со рН вредност 1 содржи 1×10^{-1} mol/l слободни водородни јони, додека раствор со рН вредност 13 содржи 1×10^{-13} mol/l слободни водородни јони.

Концентрацијата на водородни јони се менува обратно пропорционално на концентрацијата на слободни хидроксидни јони $[OH^-]$ изразена во молови за литар, според следната рамнотежна равенка:

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14}$$

Во литар чиста вода на 25 °C се одвојуваат приближно 1×10^{-7} молеви вода, со што се создаваат идентични концентрации на слободни јони на водород и хидроксид. Негативниот логаритам на концентрацијата на хидроксидни јони се нарекува pOH. Врската помеѓу pH и pOH може да се изведе од горенаведената равенка со вадење на негативни логаритми од двете страни, при што се добива следната равенка:

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

Киселините и базите се распаѓаат во вода, при што соодветно се добиваат јони на водород и хидроксид. Киселините се делат на слаби и јаки во зависност од бројот на водородни јони кои се ослободуваат кога киселината се додава на водата. Аналогно, базите се делат на слаби и јаки во зависност од хидроксидните јони кои се ослободуваат кога базата се додава на вода. На пример, азотна киселина (HNO_3) е јака киселина, бидејќи скоро сите нејзини молекули се распаѓаат во вода, при што се добиваат водородни и азотни јони. Од друга страна, оцетната киселина (CH_3COOH) е слаба киселина, бидејќи нејзините молекули скоро и да не се распаѓаат, при што се добиваат мал број водородни јони во водениот раствор.

Доколку на вода се додаде киселина, се зголемува концентрацијата на водородни јони во растворот. Доколку се додадат $1 \times 10^{-3} \text{ mol}$ на јака киселина (на пример, хлороводородна киселина $[\text{HCl}]$) на 1 литар чиста вода со pH вредност 7, ќе се распадне скоро целата киселина, при што се добиваат околу $1 \times 10^{-3} \text{ mol}$ на водородни јони и pH вредност од околу 3.

Доколку на вода се додаде база, се ослободуваат хидроксидни јони кои реагираат со водородните јони, при што се формира вода, се намалува концентрацијата на хидроксидните јони и се покачува pH вредноста на растворот. На пример, ако $1 \times 10^{-2} \text{ mol}$ јака база (на пример, натриум хидроксид $[\text{NaOH}]$) се додадат на 1 литар чиста вода со pH вредност 7, концентрацијата на хидроксидни јони ќе изнесува $1 \times 10^{-2} \text{ mol}$ ($\text{pOH} = 2$), додека pH вредноста ќе биде околу 12, со примена на равенката за врска помеѓу pH и pOH.

7.1.1. Киселост и алкалност

Киселоста и алкалноста претставуваат два корисни концепта за определување на потребата од неутрализација. Потребно е многу повеќе од мерење на pH вредноста за адекватно определување колку база е потребна за неу-

трализација на киселина, односно колку киселина е потребна за неутрализација на база. Кај јаките киселини, скоро сите киселински водородни јони се квантифицирани преку мерење на рН вредноста, бидејќи водородните јони се скоро потполно одвоени. Но, на пример, кај растворот на оцетна киселина постојат расположливи киселински јони како водородни јони и како ацетатни јони. Со комбинирање на слободните водородни јони со хидроксидните јони на додадената база се добиваат молекули на вода, но, од друга страна, повеќе оцетна киселина ќе се разложува за да ја задржи концентрацијата на водородни јони која постоела при состојба на рамнотежа во растворот. Оттука, само рН мерење нема да покаже точно колкаво количество на база е потребно да се додаде за неутрализација на раствор на оцетна киселина.

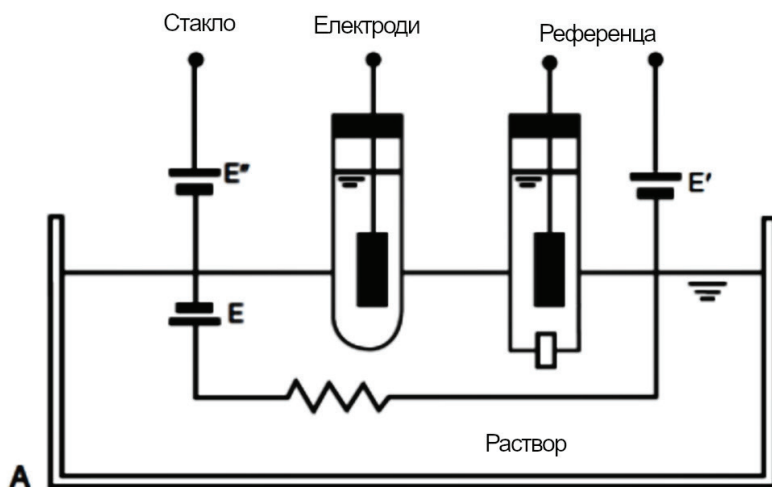
Раствор на јака киселина е можно да има помала рН вредност отколку раствор на слаба киселина, иако се употребени исти количества киселина за подготовка на растворот. И покрај тоа, вкупната киселост на двата раствора ќе биде идентична, а ќе бидат потребни и еднакви количества на база за нивна неутрализација. Обратно, разблажен раствор на јака киселина и концентриран раствор на слаба киселина може да имаат иста рН вредност, но ќе бидат потребни различни количества на база за нивна неутрализација, иако е ист волуменот на двата раствора.

Киселоста е мерка за капацитетот на растворот да неутрализира јаки бази до определена рН вредност. Се изразува како еквивалентна вредност на калциум карбонат (CaCO_3). Киселоста е бруто мерка која може да се толкува во однос на определени растворени супстанции само кога е познат хемискиот состав на растворот. Јаките минерални киселини, слабите киселини и металните соли придонесуваат кон измерената киселост на отпадната вода.

Алкалноста е мерка за капацитетот на растворот да неутрализира јаки киселини до определена рН вредност. Алкалноста, исто како и киселоста, се изразува како еквивалентно количество на калциум карбонат. Тоа е бруто мерка и може да се толкува во однос на определени супстанции само кога е познат хемискиот состав на растворот. Алкалноста на голем број отпадни води е примарно функција од рамнотежата на присутните карбонати, бикарбонати и хидроксида. Алкалноста се зема како индикација на комбинираните концентрации на овие состојки, при што се земаат предвид и борати, фосфати, силикати и други анјони.

7.1.2. Мерење pH вредност на растворите

Уредот за мерење pH вредност има три компоненти: pH сензор или сонда, кој содржи мерна електрода, референтна електрода и температурен сензор, засилувач и анализатор или трансмитер (предавател) како на слика 45. Компонентите на сензорот обично се комбинираат во една сонда. Мерната електрода обично се изработува од стакло (иако во поново време стаклото се заменува со потрајни solid-state сензори). Стаклените мерни електроди на крајот имаат стаклена топка осетлива на pH вредност, а во средината имаат жица од сребрен хлорид, која е опкружена со електролитен раствор на калиум хлорид (KCl). Околу мерната електрода се наоѓа комората која ја претставува референтната електрода. Референтната електрода содржи жица од сребро хлорид во електролитен раствор на калиум хлорид заситен со сребро хлорид. Порозната течна врска во референтната електрода му овозможува на електролитниот раствор да воспостави физички и електричен контакт со мерната течност и да создаде напон (волтажа) кој електродите може да го измерат.



СЛИКА 45: Уред за мерење pH вредност [3]

Мерната електрода, која е осетлива на концентрацијата на водородни јони, создава напон кој директно е поврзан со оваа концентрација. Референтната електрода дава стабилен напон за споредба. Кога ќе се потопи во отпадната вода, напонот на референтната електрода останува константен, додека напонот на мерната електрода се менува пропорционално на концентрацијата на водородни јони.

7.1.3. Проектирање системи за управување со рН

Системот за управување со рН вредноста има за задача континуирано да ја нагудува вредноста на водата во прифатливи, односно дозволени граници за предвидените процеси. За да се изведе ова, потребно е системот да ги извршува следните функции:

- » Да додава точно количество на киселина или база на отпадната вода.
- » Соодветно да ја меша отпадната вода и хемикалиите за контрола на рН вредноста.
- » Да овозможи доволно време за постигнување на рамнотежа на неутрализациската реакција или состојба блиска на рамнотежната.

Сите води имаат променлива рН вредност во текот на времето, така што системот за управување со рН мора да овозможува мерење на рН вредноста на водата и да ја дозира количината на додадените хемикалии за да се постигне потребната рН вредност. Проектирањето на овие системи е сложена задача поради логаритамската зависност на рН од концентрацијата на водородни јони. На пример, доколку се додаде некоја количина x на некоја база кон раствор на јака киселина, рН вредноста на растворот ќе се зголеми од 2 на 3. Потоа, за да се зголеми на 4, потребни се само 10 % од почетната доза (x), а само 1 % од x е потребен за зголемување на рН на 5 итн. Оттука, нагудувањето на рН вредноста на отпадната вода од 2 на 7 може да биде сложен проблем од аспект на управувањето. Потребни се големи количини на база пред да се постигне мерлива промена на рН, но со нејзиното зголемување се зголемува и брзината на промената на рН вредноста додека растворот не постигне еквивалентна точка, која зависи од составот на отпадната вода. Потоа, брзината на промената на рН се намалува. За прецизна контрола на рН, потребен е прецизен систем со кусо време на реакција.

При проектирањето на овие системи мора да се земе предвид променливоста на протокот на водата, рН вредноста и пуферниот капацитет (способноста на водата за непроменливост на рН вредноста, т.е. отпорност на промени). рН вредноста кај индустриските отпадни води може значително да се менува во текот на времето (во тек на една минута, ден или месец), како, на пример, кај водите добиени од преработка на храна со користење базни или кисели средства за чистење, кај кои може да се промени од 2 на 12 во текот на неколку минути.

Доколку рН вредноста значително се менува, може да се примени процесот на израмнување за да се намали потребата и големината на системот за рН контрола. Израмнувањето често се користи при прочистувањето на отпадни

води за да се амортизираат промените во карактеристиките на отпадната вода (на пр., протокот, измешаните цврсти материји или биохемиската потреба од кислород – BOD), при што таквите процеси на израмнување имаат релативно едноставни технички решенија поради релативната постојаност на овие карактеристики во нормални услови. Сепак, pH не е постојана супстанција, туку е резултат на повеќе сложени хемиски рамнотежи, кои можат брзо и значително да се променат. Промена на pH вредноста за само две стандардни единици (на пример, од 2 на 4) претставува 100-кратна промена во концентрацијата на водородни јони во отпадната вода.

Повеќето индустриски комплекси испуштаат и кисели и базни отпадни води. Во некои случаи се испуштаат само кисели отпадни води, но е можно соседни индустрии да испуштаат базни отпадни води. Кога киселите и базните отпадни води се испуштаат истовремено или на блиски локации, со нивното комбинирање се добива ефикасен неутрализациски метод. За секоја од водите е потребно да се обезбеди сопствен резервоарски простор, за потоа да се овозможи нивно мешање во соодветни односи и да се избегне создавање кисели или базни делови. Исто така, треба да се посвети внимание и на интензитетот на водените струи, т.е. послабата струја нема да може целосно да ја неутрализира посилната.

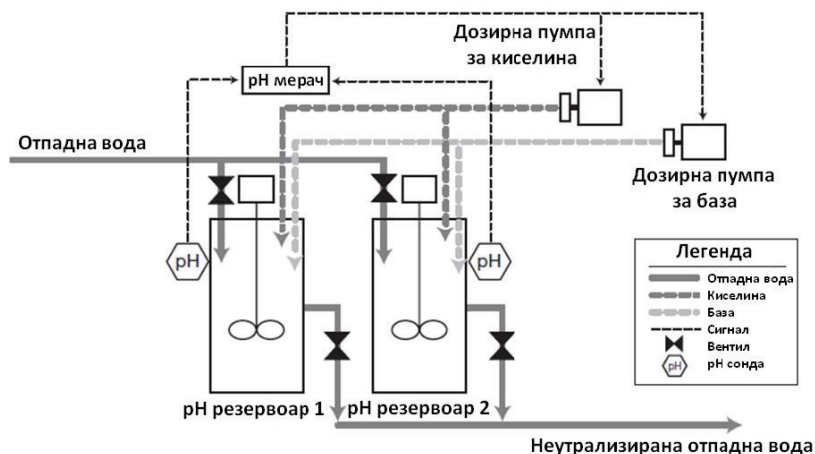
Пред да се прибегне кон спојување на кисели и базни отпадни води, мора да се направи проценка на нивната општа компатибилност преку анализа на податоците за безбедност на материјалите, контакти со доставувачите на хемикалии и анализа на секој поединечен доток. Посебно мора да се внимава на мешањето на опасни со неопасни отпадни води, поради тоа што создадените цврсти материји мора да се ракуваат и да се отстранат како опасен отпад, во согласност со законските одредби. Понатаму, доколку кај еден струен поток е потребно поголемо прочистување (на пример, биолошко прочистување), непожелно е комбинирањето на отпадните води поради ефектите врз низводните процеси (големината и други карактеристики).

Постојат два основни типа системи за pH контрола: континуирани и неконтинuirани (batch). Главните разлики меѓу нив се однесуваат на применетите системи за управување и контрола, како и хидрауличното управување со дотекот и истекот од садот за pH контрола.

7.1.3.1. Неконтинуирани (Batch) системи

Неконтинуираните системи обично се применуваат кај постројки со повремено или ниско ниво на испуштање отпадни води. Максималните протоци главно се движат помеѓу 190 и 380 m³/d, иако постојат системи со поголеми износи од наведените. Овие системи се обично помали од континуираните и се посигурни во работата, бидејќи пред да се испушти за секој дел (batch) на отпадната вода може да се нагоди определена pH вредност. Шематски приказ на еден таков систем е на слика 46.

Batch системите обично имаат повеќе садови за нагудување на pH вредноста или, пак, голем базен за израмнување/задржување на отпадните води возводно од единечниот batch резервоар. Поради природата на процесот, отпадната вода обично се пумпа во резервоарите за нагудување на pH вредноста. Со вентилите на влезната страна на резервоарите се регулира кој од нив се полни со инфлуент. Вентилите на излез од резервоарите имаат улога гравитациски да ја испуштаат неутрализираната отпадна вода во низводните процеси или комуналниот колекторски систем. Вообичаено, при проектирањето на batch системите се вградуваат и сензори за нивото на водата во резервоарите, опрема за мониторинг на pH вредноста, опрема за додавање хемикалии и опрема за мешање во резервоарите. Отпадната вода се пумпа во еден од резервоарите додека не достигне определено ниво. Во зависност од pH вредноста на влезната вода, неутрализациското средство може да се додаде за време на полнењето или откако резервоарот ќе се наполни. Тоа средство се додава сè додека не се добие саканата pH вредност. Откако саканата pH вредност ќе се одржува определено време, неутрализираната отпадна вода се испушта.



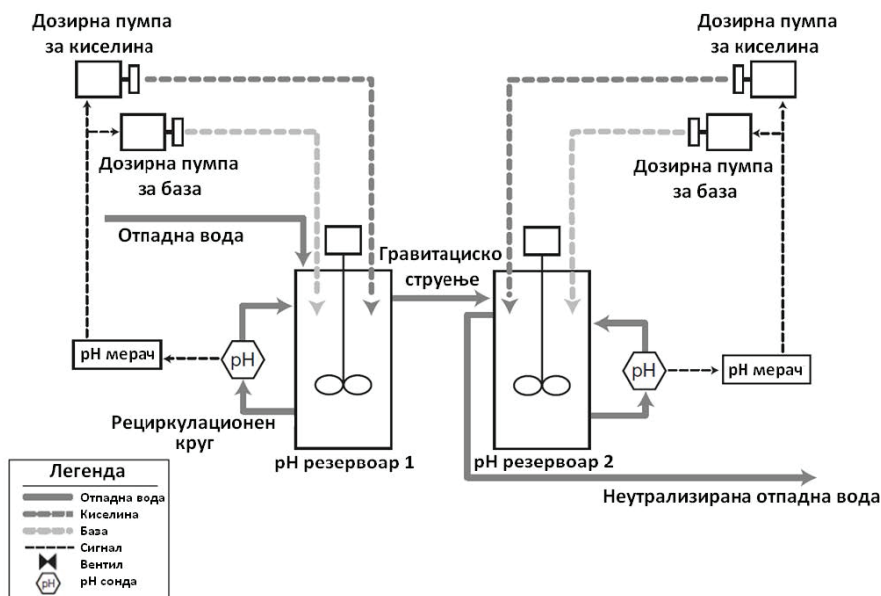
СЛИКА 46: Batch системи за управување со pH [4]

Една од главните предности на pH batch системот е неговата едноставност, па оттука треба да бидат едноставни и вградената опрема и системите за управување. Хемиските средства кои се додаваат (на пример, сулфурна киселина или каустична сода) кај овие системи се наоѓаат во течна состојба. Поради релативно ниското ниво на отпадна вода, брзината на нивно додавање е обично мала, па и трошоците за набавка не влијаат врз изборот на хемикалија. Хемикалиите обично се складираат во посебни резервоари за течни хемиски средства и се додаваат во batch резервоарите со помош на електронски или моторно погонувани дозирни пумпи.

7.1.3.2. Континуирани системи

Континуираните системи за нагодување на pH вредноста обично се користат кога протокот на вода која треба да се неутрализира изнесува над 380 m³/d, иако се изведени и многу помали системи. Кај овој вид системи се применува послофистицирана опрема за мониторинг и управување со pH вредноста, при што континуирано се постигнува саканата вредност во ефлуентот.

Кај континуираните системи (слика 47) може да се сретне само еден резервоар за нагодување на pH, или, пак, два или три сериски поврзани резервоари. Бројот на резервоарите зависи од потребниот степен на нагодување на pH вредноста, пуферниот капацитет на отпадната вода и саканата pH вредност. За отпадни води со просечен пуферен капацитет, кај кои е потребно минимално нагодување на pH, доволен е и само еден резервоар. За отпадна вода која има големи промени или која бара голема промена на pH (на пример, од 2 на 7), обично се применуваат повеќе резервоари. Во ваков случај, pH вредноста главно се нагодува во првиот резервоар, а потоа се врши „фино нагодување“ во вториот и следните резервоари за да се постигне саканата вредност. Секој од резервоарите има независен систем за мониторинг на pH и додавањето хемикалии.

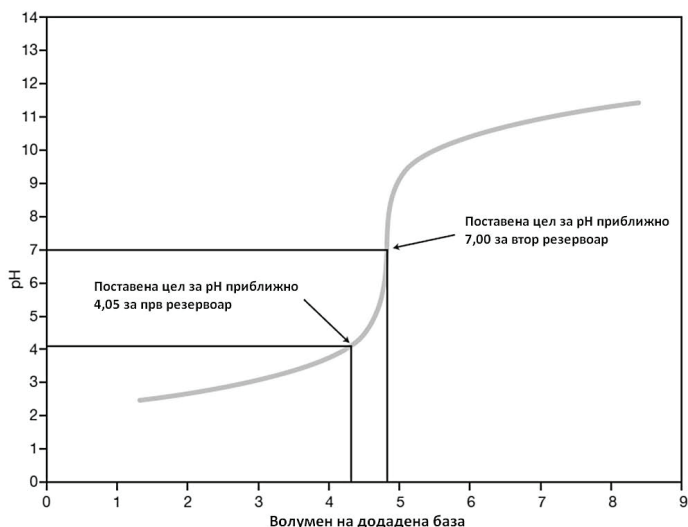


СЛИКА 47: Континуирани системи за управување со рН [4]

Саканата рН вредност во секој од резервоарите може да се апроксимира преку анализата на кривата на титрација (слика 48). Во првиот резервоар, вредноста на рН се нагудува до точка до која е скоро истрошен пуферниот капацитет на отпадната вода, по што понатамошното додавање хемикалии ќе предизвика брза промена на рН вредноста. Во вториот резервоар се додаваат помали количини хемикалии, сè до постигнување на саканата рН вредност.

Во зависност од хидрауличните услови на теренот, континуираните системи може да функционираат под дејство на гравитацијата. Сепак, почест е случајот кога е потребна пумпа за да се доведе отпадната вода во првиот резервоар, а потоа гравитациски ќе струи кон другите низводни резервоари. Обично не се потребни автоматски вентили, бидејќи отпадната вода континуирано струи во и од резервоарите.

Системите за чување и дозирање на хемикалиите се слични како кај неконтинуираните системи. Сепак, поради големите протоци за кои се проектираат овие системи, хемикалии во сува форма (со соодветните системи за мешање и дозирање) се сметаат за поевтина варијанта отколку да се набавуваат во течна форма.



СЛИКА 48: Крива на титрација кај системи за управување со pH [4]

Хидрауличното време на задржување кај системите за нагудување на pH вредноста се пресметува кога волуменот на резервоарот/ите ќе се подели со протокот на инфлуентот. Потребното време на задржување е функција од брзината на неутрализациската реакција и типот и интензитетот на мешањето. Затоа, резервоарите за нагудување мора да бидат доволно големи за ефективна контрола на pH вредноста при највисоки очекувани протоци и при екстремни (највисоки или најниски) pH нивоа. При тоа, пред да се пристапи кон проектирање на системот, неопходно е внимателно да се определи променливоста на отпадната вода.

Минималните хидраулични времиња на задржување обично се нагудуваат за 5 – 10 минути помалку од потребните за случаи при најнеповолни услови на оптоварување. За просечна состојба на отпадната вода, вообичаени се времиња на задржување од 15 до 30 минути, додека при крајно променливи протоци на отпадна вода тој период се зголемува на 1 – 2 часа, па и подолго.

Хидрауличното време на задржување зависи и од хемиските средства кои се користат. На течните хемикалии е потребно да се им се овозможат најмалку 5 минути за да можат да ја неутрализираат отпадната вода. На средствата, пак, во цврста (или пенеста) состојба им се потребни најмалку 10 минути, а во некои случаи и до 30 минути.

За оптимална ефикасност на мешањето при користење цилиндрични резервоари, нивната длабочина е потребно да е еднаква со пречникот. Во случај на квадратен пресек на резервоарот, препорачливо е неговата форма да е коцка (еднакви длабочина, ширина и должина). Кај континуираните системи, доводот и одводот од резервоарот се поставуваат на спротивни страни за да се избегнат кусо споени струења, т.е. директно истекување на нетретирана отпадна вода во одводот.

Трошоците на работа за еден ваков систем ги опфаќаат трошоците за хемиски средства, енергија (за мешање и пумпање), чистење и калибрирање на опремата, одржување, работна рака, а кај некои постројки и третман на тињата. Во најчест случај, трошоците за хемикалии се најголемата ставка во тековните трошоци за работа на системот, така што треба да се посвети посебно внимание на правилниот избор, прецизниот рН мониторинг и дозирањето на хемикалијата.

7.1.4. Избор на средства за неутрализација

рН вредноста на кисела отпадна вода може да се зголеми со јака или слаба база. При употреба на јака база, ќе биде потребна помала доза, но реакцијата ќе биде потешко да се контролира при тесен рН опсег. Покрај тоа, јаката база може да чини повеќе за еден килограм отколку слабата. Вкупниот трошок за хемиски средства е функција од чинењето по единица маса и потребната количина (доза). Трошоците за работна рака и одржување, исто така, мора да се земат предвид при определување на вкупните трошоци на работа за секоја хемикалија.

Инвестициските трошоци вклучуваат изработка и монтажа на резервоари и изградба на објекти за хемикалиите, опрема за пумпање и мерење, градежни материјали, безбедносни аспекти и потребни мерни инструменти за контрола и управување со процесите.

Времето на реакција влијае врз бројот, големината и условите на мешање на контролните рН уреди, како и врз управувањето со системот.

Вкупната количина на цврсти материи кои се создаваат за време на неутрализацијата обично зависи од составот на отпадната вода, реагенсите и крајната рН вредност на отпадната вода. Исталожените цврсти материи мора да

се пропуштат измешани со водата во низводните процеси на прочистување или да се отстранат, да се преработат и да се одведат.

7.1.4.1. Бази

За неутрализација на кисели води обично се користат следните бази:

Вар

- » различни типови: калциум оксид, доломит хидрат, калциум карбонат (варовник), калциум хидроксид и др.
- » релативно ниска цена на чинење
- » состојките на варта се раствораат и бавно реагираат
- » потребно е интензивно мешање за ефикасно функционирање
- » се создаваат цврсти материи и прашкаста вар, штетни по здравјето.

Натриум хидроксид (NaOH)

- » цврста и течна форма, каде течната наоѓа поширока примена од безбедносни причини
- » скапа хемикалија
- » силно неутрализациско средство и брзо реагира
- » „чисто“ хемиско средство, од аспект на складирање и ракување
- » штетен за белите дробови и за незаштитена кожа
- » прекумерна количина предизвикува корозивност.

Натриум хидроген карбонат (NaHCO_3) – сода бикарбона

- » ефикасно средство за неутрализација
- » ги амортизира двете влијанија на киселост и алкалност
- » посебна примена за рН контрола кај анаеробни биолошки системи за прочистување.

Натриумот карбонат (NaCO_3 , сода)

- » побезбеден во однос на каустичната сода, а поевтин од натриум хидроген карбонатот
- » помалку ефикасен во споредба со двете
- » поради создавање јаглерод диоксид, можна е проблематична појава на пена.

Магнезиум хидроксид Mg(OH)_2

- » слаба, релативно безбедна и ендотермна база

- » бавно реагира и има ниска растворливост
- » нерастворлива при рН вредност од 9.

7.1.4.2. Киселини

За неутрализација на алкални (базни) води обично се користат следните киселини:

Сулфурна киселина (H_2SO_4)

- » најчесто применувана хемикалија
- » релативно евтина
- » стандардни материјали за складирање
- » при анаеробни услови, претставува корозивен и опасен гас.

Компримиран гасен јаглерод диоксид (CO_2)

- » сè почеста примена
- » најефективна киселина во однос на трошокот.

Други киселини (на пример, хидрохлорна, азотна и фосфорна киселина) може да неутрализираат алкални води во определени ситуации, но обично се поскапи и потешки за ракување од H_2SO_4 . Исто така, дозволите за работа обично содржат ограничувања на концентрациите на вкупниот азот или вкупниот фосфор, кои можат да бидат загрозени со употребата на овие киселини.

7.2. Мерење растворен кислород (DO)

За да може да се направи ефективен мониторинг на водите во животната средина, потребно е да се собираат податоци за сите параметри кои се од интерес, потоа да се процесираат тие податоци и да се добие соодветен формат кој треба да се интерпретира и понатаму да се користи. Денес, податоците од мониторингот се собираат со помош на микропроцесорски контролери и друг вид на автоматизирани уреди.

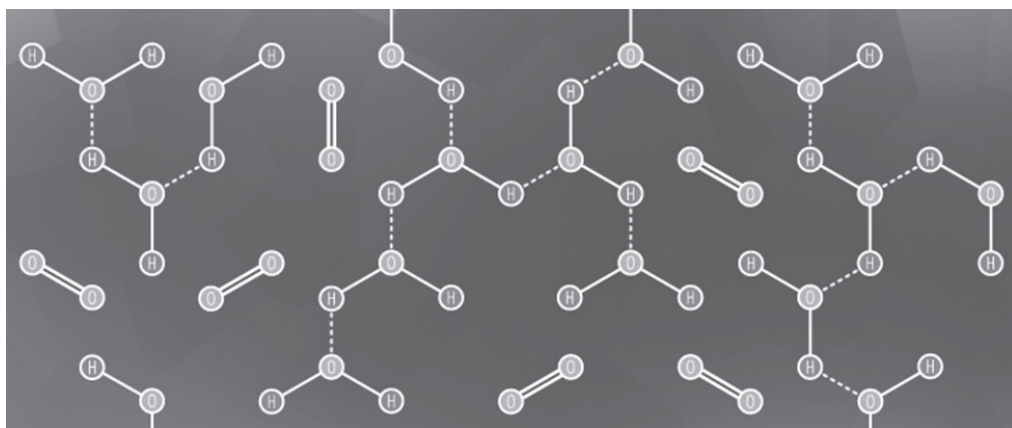
Човекот, а и сите останати живи суштества се осетливи на промените во квалитетот на водата за пиење. Промените на својствата на водата, како што претставуваат растворените цврсти материји, рН вредноста, и растворениот кислород влијаат врз живиот свет во водата и влијаат на квалитетот на во-

дата. Овие промени на својствата, исто така, може да предизвикаат и негативни влијанија на водата за пиење. Врз промената на својствата влијаат условите на надворешната средина, а може да влијае и работата на човекот.

Во ова поглавје ќе се посвети внимание на растворениот кислород во водата, неговото потекло, влијанието на живиот свет во водата, дозволеното количество и начините на негово мерење.

7.2.1. Што е растворен кислород?

Растворениот кислород во водата се однесува на количеството слободен, неповрзан кислород кој се наоѓа во самата вода. Тој е важен параметар за одредувањето на квалитетот на водата поради неговото влијание врз организмите кои живеат во водата. Ова е еден од најважните параметри во однос на живиот свет во водите и доколку има помалку или повеќе од потребното количество на растворен кислород тоа може значително негативно да влијае (слика 49).



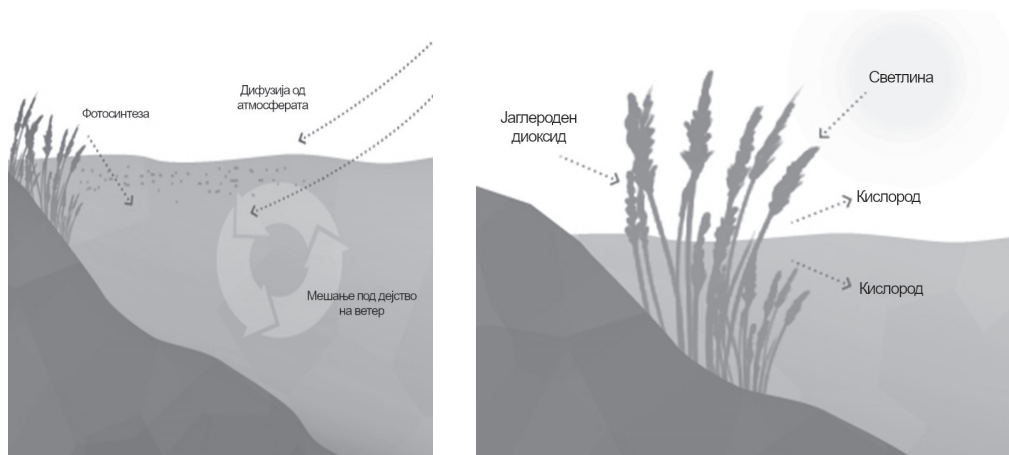
СЛИКА 49: Кислород растворен во вода [14]

Слободен кислород е кислород кој не е поврзан во ниедно соединение, а растворениот кислород е присуство на слободниот кислород во водата, со тоа што кислородот кој е врзан со H за да формира вода, не спаѓа во растворен кислород.

7.2.2. Потекло на растворениот кислород во водата

Растворениот кислород влегува водата преку воздухот или како биопродукт од растенијата. Од воздухот, растворениот воздух навлегува во водата од нејзината површина која е слободна кон атмосферата или преку аерација, било природна или вештачка, односно систем за аерација, дизајниран од човекот. Природната аерација на водата може да настане при дување ветер, кога водата минува низ брзаци, водопади, истекување подземни води. А вештачката аерација може да биде изведена на многу различни начини, од пумпи за аерирање, до аерација со пропелери или воденични тркала.

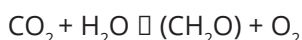
Растворениот кислород е и продукт од фотосинтезата на алгите, морските треви и други водни растенија (слика 50).



СЛИКА 50: Потекло на растворениот кислород во вода [14]

Иако фотосинтезата главно се случува на површината на водата (плитки водни растенија и алги), голем дел од процесот се случува и под површината, од морска трева, од површински алги и фитопланктон. Светлината продира во водата, но длабочината на продирање зависи од заматеноста. Во чиста вода, длабочината на продирање достигнува до 200 m, а кај заматена вода оваа бројка е многу помала.

Без оглед на длабочината до која стигнува светлината, процесот на фотосинтеза останува ист. Водата апсорбира и CO_2 , и заедно со светлината во водата се одвива процесот на фотосинтеза:

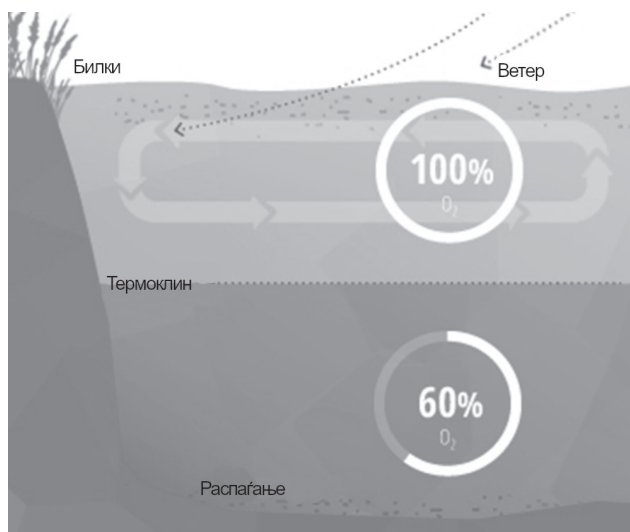


а, кислородот кој е биопродукт останува растворен во водата. Најголемо количество на растворен кислород ќе се добие во текот на денот кога светлината е најголема, поради зависноста на процесот од сончева светлина.

7.2.3. Заситеност на водата со растворен кислород

Во мирна вода, растворениот кислород ќе остане на 100 % воздушна заситеност, тоа значи дека во водата има најмногу честици растворен кислород за таа да остане во рамнотежа, equilibrium. Во рамнотежа, процентот на кој било гас растворен во водата треба да е еднаков на процентот на тој гас во атмосферата, односно со неговиот парцијален притисок. Водата полака ќе ги апсорбира гасовите од атмосферата додека не се постигне рамнотежа, а во тие гасови спаѓа и кислородот. Процесот се забрзува доколку има некаков вид мешање, ветер, бранови, вештачко мешање.

Во длабочината, процентот на растворен кислород е секогаш помал од 100 % поради дишењето на живите организми и микробиолошката декомпозиција, а и брановите и ветровите не вршат мешање во длабоките слоеви од водата, а дури и нема ни фотосинтеза, доколку е доволно длабоко, па таму нивото на растворен кислород е многу помало отколку во слоевите на водата кои се наоѓаат поблиску до површината (слика 51).



СЛИКА 51: Заситеност на растворениот кислород во вода [14]

Водата на различни места иако е 100 % воздушно заситена не мора да значи дека ќе има иста концентрација на растворен кислород на сите места. Тоа се

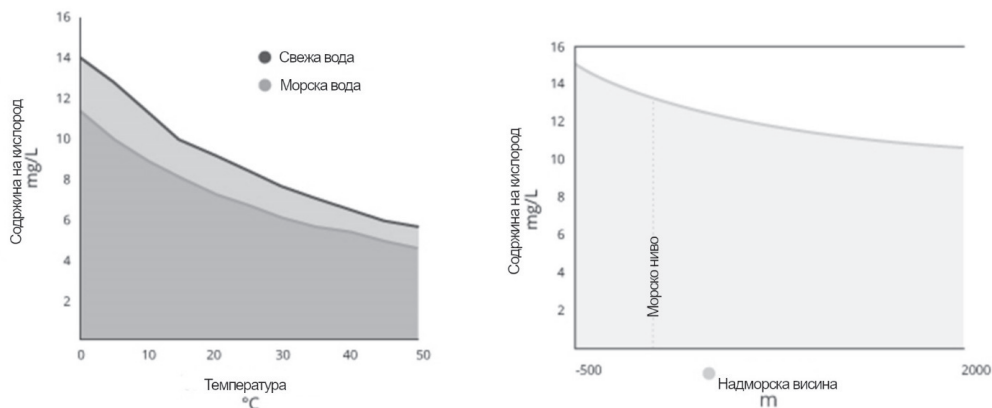
должи на влијанието кое го имаат температурата, притисокот и соленоста на растворениот кислород во водата.

Топлата површинска вода бара помалку растворен кислород за да постигне рамнотежа од ладната вода во подлабокото. Количеството на растворен кислород експоненцијално се намалува со зголемување на соленоста на водата. Солената вода содржи 20 % помалку растворен кислород од несолена вода.

Количината на растворен кислород се зголемува со зголемување на притисокот. Важи и за атмосферски и за хидростатски притисок. Водата на пониска надморска висина може да задржува повеќе кислород отколку водата на повисока надморска висина. Ова појава го објаснува и потенцијалот за суперзаситување на повисок хидростатски притисок, водата може да задржува повеќе кислород без тој да се губи.

Како заклучок, ладна, длабока слатка вода има капацитет за одржување поголема концентрација на растворен кислород, но поради микробиолошката декомпозиција и непостоење фотосинтеза, недостигот на атмосферски контакт за дифузија, нивото на растворениот кислород е често многу помало од 100 %. А топлата, плитка, солена вода има и аерација и во неа се одвива фотосинтеза, има и поголем процент на растворен кислород.

Суперзаситување на водата со растворен кислород може да настане при многу брза аерација на водата и во вода која изобилува со растенија, кислород се добива во процесот на фотосинтеза. При брза аерација, како, на пример, кога се испушта вода од браните на хидроцентралите или во водопади, поради тоа што со движењето на водата се движи и воздухот, настанува суперзаситување на водата со растворен кислород.



СЛИКА 52: Заситеност на растворениот кислород во вода во зависност од температурата и надморската висина [14].

7.2.4. Влијание на растворениот кислород на живиот свет во водите

Растворениот кислород е еден од најважните фактори кој се однесува на животот во водите, на рибите, бактериите и растенијата. Овие организми го користат кислородот за дишење, слично како и организмите некои живеат на копно. Количеството на растворен кислород во водата кој е потребен за живот зависи од секој организам посебно. На школките, раковите и другите кои живеат на дното им се потребни околу $1 \pm 6 \text{ mg/L}$, а на рибите кои живеат блиску до површината на водата им е потребен повеќе растворен кислород, околу $4 \pm 15 \text{ mg/L}$.

Микробите, како бактерии и габите, исто така, имаат потреба од растворен кислород. Овие организми го користат растворениот кислород за растворање органски материи на дното на водата (слика 53).

Ако концентрацијата на растворениот кислород падне под определено ниво, голем дел од живиот свет во водите ќе настрада. Постојат многу сензитивни видови риби кои единствено може да живеат при точно определено количество на растворен кислород. Во океаните рибите ги одбегнуваат местата каде растворениот кислород е под 3,7 mg/L, а ако растворениот кислород падне под 2,0 mg/L на тие места дури веќе нема ни вегетација.



СЛИКА 53: Потребна количина растворен кислород во вода потребна за живот на слатководни и морски риби [14]

Fish kill (смрт на рибите) е појава која настанува кога голем број риби во одредена област почнуваат да умираат. Може да настане од различен број причини, но најчеста причина е ниската концентрација на кислород. Оваа појава настанува често во зима, поради тоа што не стигнува кислород во водата бидејќи има замрзната површина (најчесто настанува на езера).

Исто така, доколку во водата има многу потрошувачи на кислород, односно има голема популација на риби и алги, растворениот кислород побрзо се троши во однос на брзината на негово обновување.

Проблеми може да настанат и при поголеми концентрации на растворен кислород. Презаситена вода може да предизвика болест наречена gas bubble. Значителен пораст на смртноста настанува кога концентрацијата на растворен кислород подолго време е над 120 % воздушно заситување. Обично смртноста настанува после 3 дена. Овие продолжени периоди на суперзаситување настануваат во места каде што има брани за хидроцентрали и водопади. Цветањето на алгите, исто така, може да предизвика заситување над 100 %, бидејќи кислородот се јавува како биопроduct на фотосинтезата. Суперзаситување може да настане и при повисоки температури и тоа може да ја предизвика оваа болест.

Мртвите зони настануваат таму каде што има многу малку или нема растворен кислород во водата. Се нарекуваат мртви зони бидејќи во овие места организмите не може да живеат. Мртви зони често настануваат блиску до многу населени места како што се: Мексиканскиот Залив, Северното Море, Балтичкото Море, Источно Кинеско Море. Овие зони се често резултат на брз раст на алги и фитопланктон. Кога тие умираат, микробите на морското дно го користат кислородот за разградба на органските материи и водата останува со ниска концентрација на растворен кислород.

Местата каде што природно има многу мала концентрација на растворен кислород не се нарекуваат мртви зони, туку живиот свет во нив се навикнал на таа концентрација и во овие простори не се појавуваат ефектите на мртвата зона. Вакви природни места се наоѓаат во длабочината на езерата и океаните.

7.2.5. Растворен кислород во отпадните води

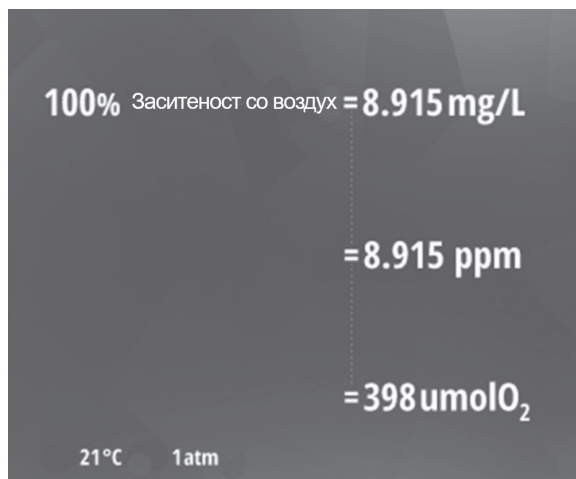
Растворен кислород е молекуларниот кислород кој е присутен во водата или во отпадната вода. Максималното можно количество на кислород во овие води е зависно од температурата. Постудена вода може да содржи повеќе растворен кислород отколку потопла. Сепак, студената вода може да содржи помалку растворен кислород отколку потоплата, во зависност од останатите услови во водата.

Растворениот кислород во некоја точка од системот за прочистување претставува една од детерминантите за тоа кои типови организми можат таму да живеат и да се развиваат. Со намалувањето на концентрациите на растворениот кислород, аеробните организми ја забавуваат својата активност. Таквите пониски концентрации им одат во прилог на т.н. пловечки тињи, кои се посебно проблематични и кои лошо седиментираат, групирајќи се во поголеми целини. Превисоки концентрации на растворен кислород, пак, може да резултираат со флокули тиња кои не се згрутчуваат и не седиментираат. Оттука, јасно е дека концентрацијата на растворениот кислород е суштински управувачки (контролен) фактор при прочистувањето на отпадните води и тој мора да се одржува во граници кои им одговараат на потребните организми.

7.2.6. Методи за мерење на растворениот кислород

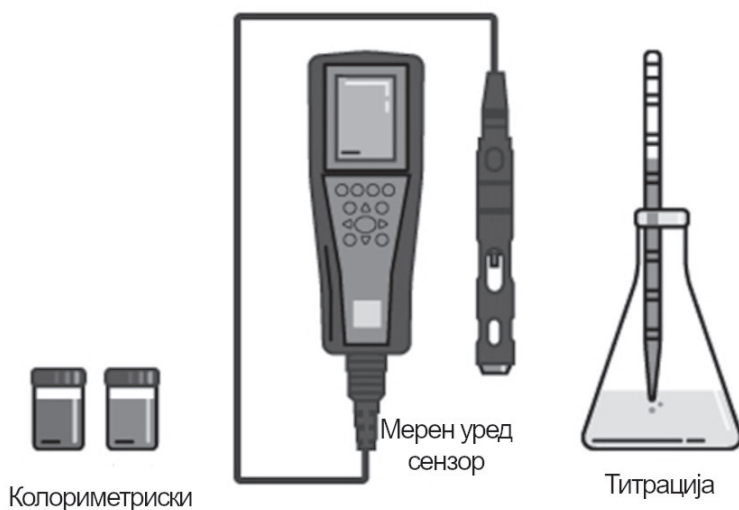
Растворениот кислород најчесто се мери во милиграми за литар (mg/L) или како процент од заситеност со воздух. Сепак, некои студии го прикажуваат растворениот кислород во милионити дел (parts per million) или, пак, во микромолови (μmol).

$1\text{mg/L}=1\text{ ppm}$. Врската помеѓу mg/L и % на заситеност на воздух зависи од температурата, притисокот и соленоста на водата. Еден микромол на кислород е еднаков со $0,022391\text{ mg/L}$ и оваа мерка е често користена при студии за океаните. $100\text{ }\mu\text{mol/L}$ кислород = $2,2\text{ mg/L}$ кислород.



СЛИКА 54: Зависност помеѓу различните мерни единици за количина на растворен кислород во вода

Постојат 3 методи за мерење на концентрацијата на растворен кислород. Модерните техники вклучуваат или електрохемиски, или оптички сензор. Сензорот за растворен кислород е прикачен на метар за земање примероци и лабораториски апликации, или, пак, на дата-логер, монитор за процесирање или предавател за распоредени мерења и контрола на процесот (слика 55).



СЛИКА 55: Методи за мерење количина на растворен кислород во вода [1]

7.2.6.1. Мерење растворен кислород со користење сензори

Најпопуларен метод за мерење е со уред за мерење растворен кислород и сензор. Сензорите може да бидат оптички или електрохемиски. Електрохемиските понатаму може да ги поделиме на: поларографски, пулсно поларографски и галвански сензори. Некои од овие технологии со сензори се достапни како платформи со дигитален излез.

Овие сензори може да се искористат како во лабораторија, така и на терен. Може да бидат направени за BOD тестови (биохемиска потреба од кислород), апликации за долготраен мониторинг, тестирање на лице место и слично.

Бидејќи растворената концентрација на кислород влијае од температурата, притисокот и соленоста, овие параметри треба да бидат земени предвид. Компензација на вредностите може да се направи рачно или автоматски со помош на мерач за растворен кислород или, пак, преку софтвер. Температурата генерално се мери со термистор во рамките на сензорот. Многу мерачи вклучуваат и внатрешен манометар за мерење на притисокот. Соленоста може да се измери со спроводливост/сензор за соленост и автоматски или рачно приближно да се внесе како:

Чиста вода	< 0,5 ‰ (PPT or parts per thousand permille)
Соленикава вода	0,5 □ 30 ‰
Вода од морињата	33 □ 37 ‰
Солена вода	30 □ 50 ‰

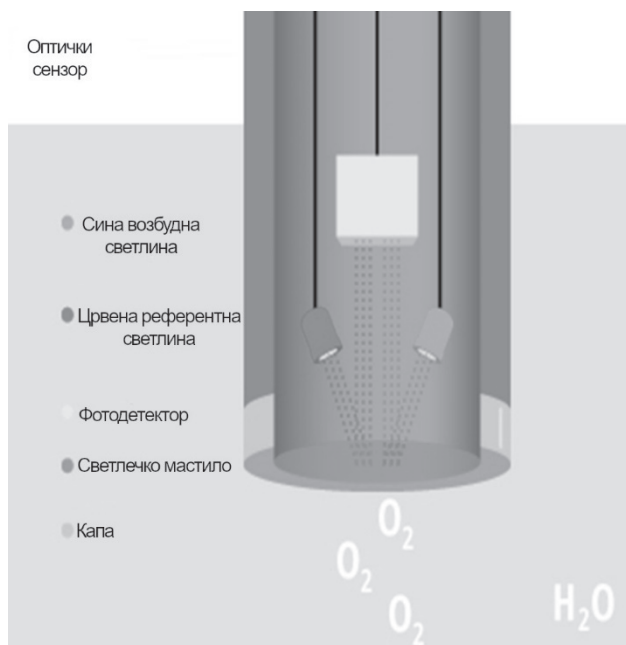
7.2.7. Оптички сензор за растворен кислород

Оптичкиот сензор за растворен кислород ги мери интеракциите помеѓу кислородот и некои луминисцентни боења. Кога е изложен на сина светлина, овие боења се возбудуваат (електроните добиваат енергија) и емитуваат светлина кога електроните се враќаат на нивната нормална енергетска состојба. Кога растворениот кислород е присутен, брановите должини кои се враќаат се ограничени или, пак, се изменети поради кислородните молекули кои се во интеракција со бојата. Овој метод е обратно пропорционален на парцијалниот притисок на кислород. Додека некои од овие сензори се нарекуваат флуоросцентни, термилолошки истото е неисправно, затоа што емитуваат сина светлина, а не ултравиолетова. Оптичките сензори за растворен кислород може да мерат или интензитет или животен век на луминисцен-

ција, бидејќи кислородот влијае и на двете (Луминисценција, по дефиниција, е емисија на светлина која не е директен резултат на зрачењето на некое тело. Тоа е појава различна од сјаењето поради тоа што обично се случува на ниски температури и затоа претставува облик на зрачење кај ладните тела).

Овој сензор се состои од полупорозна мембрана, сензорски елементи, ЛЕД светилки и фотодетектор. Сензорскиот елемент содржи луминисцентна боја која е имобилизирана во sol-gel, xerogel или друга матрица. Бојата реагира кога ќе се изложи на сината светлина емитирана од ЛЕД светилката. Некои сензори емитираат и црвена светлина за да се обезбеди точност. Таа нема да предизвика луминисценција туку само ќе се рефлектира назад од страна на бојата. Животниот век и интензивноста на бојата кога е изложена на сина светлина зависи од количината на растворен кислород во примерокот вода. Кога кислородот ја поминува мембраната, има интеракција со бојата, со што се намалува интензитетот и животниот век на луминисценцијата. Ова се мери преку фотодетектор, со што може да се пресмета колкава количина растворен кислород е концентрирана во примерокот вода (слика 56).

Овие сензори имаат тенденција да се поточни од електрохемиските и на нив не влијаат водород сулфидот или, пак, другите гасови. Исто така, способни се за прецизно мерење во многу ниски концентрации.



СЛИКА 56: Оптички сензор за мерење растворен кислород во вода [5]

Оптичките сензори се идеални за долготрајни мониторинг програми поради нивните минимални барања за одржување. Не бараат какво било време за загревање пред употреба. По подолго време на употреба, бојата се деградира и сензорските елементи како и мембраната мора да се заменат, но оваа замена е многу полесна за разлика од замената кај електрохемиските сензори. Сепак, овие сензори бараат поголема моќ и подолго време ги анализираат резултатите (2 – 4 пати) за разлика од електрохемискиот сензор. Исто така, доста зависат од температурата, иако повеќето од сензорите имаат термистор кој им помага автоматски да се приспособат на потребната топлина.

Постојат два типа електрохемиски сензори: галванизирачки и поларографски. И двата типа сензори користат две поларизирани електроди – катода и анода. Овие електроди се изолирани од примерокот со тенка, полупорозна мембрана.

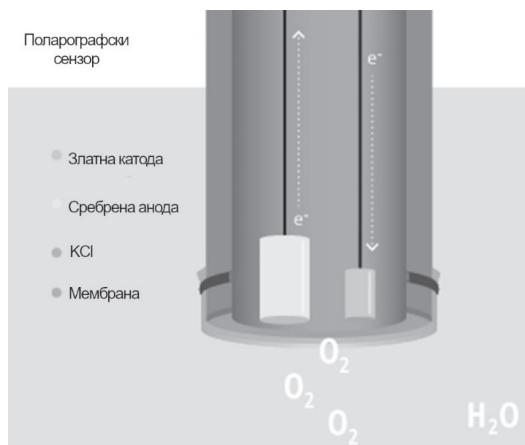
Кога се земаат примероци, растворениот кислород дифундира низ мембраната, во износ пропорционален на притисокот на кислород во водата. Растворениот кислород е редуциран и се консумира во катодата. Оваа реакција произведува електрична струја која е директно поврзана со концентрацијата на кислород. Таа струја е придвижена од страна на јоните во електролитот и се движи од катодата до анодата.

Методот на мерење зависи од протокот за време на потрошувачка на молекулите на кислород. Кога кислородот се троши, сензорите може да произведат ниски читања во ситуации кога нема проток. Електрохемиските сензори за растворен кислород треба да се мешаат во примерокот сè додека читањето на растворен воздух ќе престане да се зголемува.

7.2.8. Поларографски сензор за растворен кислород

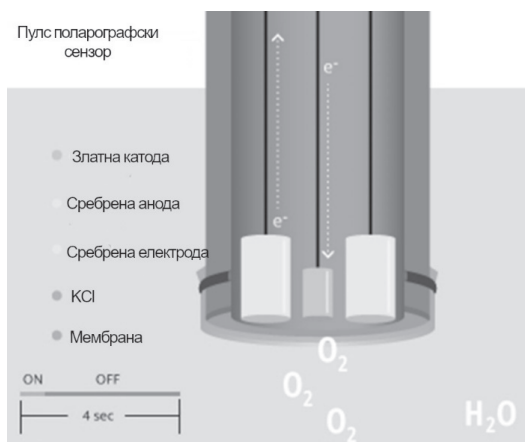
Електрохемискиот сензор се состои од сребрена анода и благороден метал (како што е злато, платина) како катода во калиумхлорид (KCl) прикажан на слика 57. Кога инструментот се вклучува, му требаат 5 – 6 минути за да се загрее и да ги поларизира електродите пред калибрација или мерење. Електродите се поларизирани на константен напон. Кога електроните патуваат во спротивна насока од моменталната, анодата станува позитивно поларизирана и катодата станува негативно поларизирана. Кога кислородот дифундира низ мембраната, молекулите се намалуваат на катодата, а се зголемува електричниот сигнал. Поларизирачкиот сигнал се држи на константно ниво, додека сензорот детектира промени во моментот, предизвикани од намалу-

вање на растворен кислород. Колку повеќе кислород поминува низ мембраната и се намалува, толку подобро ќе биде отчитувањето. Ова е дводелна реакција – оксидација на сребрената анода и редукција на растворен кислород. Оксидацијата се случува само кога се земаат примероците за мерење. Оваа реакција е забележлива бидејќи анодата потемнува. Сè додека овој оксидирачки слој се акумулира, перформансите на сензорот ќе се намалуваат. Кога ќе дојде до оваа појава, електродата треба да биде исчистена.



СЛИКА 57: Поларографски сензор за мерење растворен кислород во вода [5]

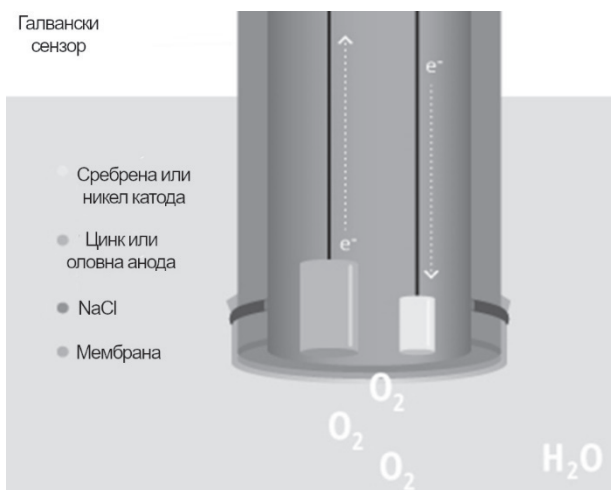
Пулс-поларографските сензори за растворен кислород се разликуваат од поларографските по тоа што кај овие сензори нема потреба од промешување при земање примерок за мерење. Овој сензор вклучува трета, сребрена референтна електрода (слика 58), посебно од сребрената анода. Електрохемиската реакција останува иста.



СЛИКА 58: Пулс-поларографски сензор за мерење растворен кислород во вода [5]

7.2.9. Галвански сензор за растворен кислород

Последниот електрохемиски сензор е галванскиот, прикажан на слика 59. Електродите претставуваат различни метали. Металите имаат различен електропотенцијал базиран на нивната серија активности (колку лесно даваат или прифаќаат електрони). Кога се ставаат во електролитен раствор, потенцијалот помеѓу различните метали доведува до нивно самополаризирање. Ова значи дека на овие сензори не им е потребно време за загревање. Разликата помеѓу катодата и анодата треба да биде најмалку 0,5 волти.



СЛИКА 59: Галвански сензор за мерење растворен кислород во вода [5]

Сребрената катода ги прифаќа електроните од анодата и ги префрла на кислородните молекули. Ова се случува на површината на катодата. Цинк хлоридот кој е изработен од страна на овие реакции е видлив во бела боја на врвот на сензорот. Ова не влијае на сензорот сè додека содржината не стане претерана. Ако сензорот е исклучително низок или читањето е нестабилно, треба да се замени електролитот. Бидејќи електродите се самополаризирачки, оксидацијата на цинк ќе продолжи да се појавува иако инструментот не е во употреба.

7.3. Мерење на соленост/спроводливост на водата

Соленоста е присуство на растворливи соли во водите и почвите. Соленоста е важен фактор во одредување на многу аспекти на водите и на биолошките процеси во нив, и заедно со температурата и притисокот ги одредува физичките карактеристики, како густината и топлинскиот капацитет на водата. Процесите на соленост се тесно поврзани со земјиштето и формирањето

на почвата. Сепак, човековите активности може да ги забрзаат процесите на зголемување на концентрациите на сол, кои, пак, влијаат на долгорочна деградација на земјиштето и водите. Високите концентрации на сол претставуваат проблем за земјиштето и водите кога концентрациите на сол или натриум директно влијаат на растот на вегетацијата на земјата, додека тие се проблем за водите кога можностите за употреба на водите стануваат ограничени од содржината на сол во нив.

Соленоста во реките, езерата и океаните е концептуално едноставна, но претставува технички предизвик за да се дефинира и да се измери точно. Солите се соединенија како натриум хлорид, магнезиум сулфат, калиум нитрат и натриум бикарбонат кои се разложуваат на јони.

Промените на земјата со користењето на водите, сезонските варијации на времето и долгорочните промени на климата може да влијаат на површинските и подземните води, тековите помеѓу нив, а со тоа и на количината сол кои тие води ја содржат. Варијациите на концентрациите на соленост произлегуваат и од балансот помеѓу испарувањето на водата и врнежите, како и од степенот на мешање помеѓу површинските и подземните води.

Мали количини растворени соли во природните води се од витално значење за животот на водните растенија и животни, повисоко ниво на соленост значително го менува начинот на кој може да се користи водата, а често водите со високо ниво на соленост се штетни за многу растенија и животни.

Солта во нашите водни ресурси генерално е добиена од три извори. Прво, мали количини на сол (примарен натриум хлорид) испаруваат од водите на океаните и преку облаците при дожд повторно доаѓаат кон Земјата.

Второ, некои предели може да содржат и сол која е ослободена од карпите во текот на подолги временски влијанија (нивното постепено распаѓање), и трето сол може да остане во талогот кој останува зад морињата кои се повлекуваат, односно кога нивото на водата било многу повисоко или површината на земјата многу пониска.

Мерењето и дефинирањето на составот на солта претставува проблем поради тоа што природните води содржат комплексна мешавина од многу различни елементи од различни извори (не сите од растворени соли) во различни молекуларни форми. Хемиските својства на некои од овие форми зависат од температурата и притисокот. Многу од овие форми тешко може да се

измерат со висока точност, а вршење комплетна хемиска анализа за секој случај не е практично при анализирање повеќе примероци. Повеќето практични дефиниции за одредување на соленоста се резултат од различните обиди да се решат овие проблеми, со различни нивоа на прецизност.

Концентрациите на растворените гасови, како кислород и азот, најчесто не се вклучени при описот на соленоста. Сепак, јаглерод диоксидот, кој растворен делумно се претвора во карбонати и бикарбонати, е вклучен во таа пресметка. Силициумот во форма на силициумска киселина која обично се појавува како неутрален молекул со рН вредност како и повеќето природни води, може, исто така, да се вклучи при одредени цели, како кога се испитува врската помеѓу соленост и густина.

Соленоста обично се мери во делови на илјадници (parts per thousand - ppt). Просечната соленост на океаните е 35 ppt, додека просечната соленост на водата во реките е 0,5 ppt или помалку. Ова значи дека во секој килограм (1000 грама) океанска вода, 35 грама се сол. Бидејќи водата во вливовите е мешавина на свежа вода и морска вода, соленоста во повеќето вливови е помала од таа на отворено море или океан. Водата во подолните делови речиси секогаш содржи повеќе сол отколку површинските води.

Солта во океаните е претежно составена од натриум елементи (Na) и хлор (Cl). Заедно тие сочинуваат 85,7 % од растворената сол. Другите главни компоненти на морската вода се магнезиум (Mg), калциум (Ca), калиум (K) и сулфати (SO_4). Заедно со хлор и натриум тие сочинуваат 99,4 % од солта во океаните (слика 60).



СЛИКА 60: Состав на солта во водата [14]

Соленоста може да се појави во три форми, класифицирани како:

- » Примарна соленост (природна соленост)
- » Секундарна соленост
- » Терцијарна соленост.

Примарната соленост е предизвикана од природни процеси, како акумулација на сол од врнежите од дожд во текот на многу илјадници години или од ерозијата на карпите.

Кога дождот паѓа на одреден предел, дел испарува од почвата, површините со вегетација и водните тела, дел се инфилтрира во почвата, а дел влегува во потоците и реките и се влева во езерата или океаните. Малите количини сол донесени од дождот кои навлегуваат во почвите со текот на времето (особено глинените почви), исто така, може да навлезат и во подземните води.

Во сувите области со природна вегетација, поголемиот дел од водата што паѓа на пределот се губи преку испарувањето и транспирацијата од растенија. Тука, солите имаат тенденција да навлезат во почвите и подземните води и да се акумулираат во текот на долги временски периоди за да постигнат високо ниво.

Секундарната соленост се појавува кога нивото на подземните води се зголемува, при што акумулираната сол од примарната соленост излегува на површината. Ова е предизвикано од расчистување на повеќегодишната вегетација во посуви области (човечки фактор), односно области кои имаат тенденција да ја акумулираат солта во почвите и подземните води со текот на времето.



СЛИКА 61: Солени кристали на морскиот брег

Како што нивото на подземните води се зголемува, тие носат и одредени количества сол, но исто и вршат растворање на претходно незаситената сол која е навлезена во почвата. По одредено време поголемото количество на сол се заситува, со што износот и времетраењето на протокот на водата се зголемува. Заситените солени подземни води потоа се мешаат со чистите води, со што се создаваат протоци кои имаат одреден степен на соленост. Како што овие заситени области се сушат по влажната сезона, се појавуваат солени кристали (слика 61).

Со зголемувањето на соленоста и протокот во реките и водните живеалишта се зголемува и толеранцијата на сол на вегетацијата. Многу растенија толерираат повисоки концентрации на сол во кратки периоди, но не може да преживеат долги периоди на висока соленост.

Високите концентрации на соленост во потоците и реките претставуваат закана за екосистемите и нивните составни видови, со што водата може да стане неупотреблива за човекот.

Терцијарната соленост или соленост поради наводнување претставува пораст на концентрацијата на сол во подземните води, како и зголемување на соленоста во почвата на тие места. Неефикасното наводнување, како и наводнувањето со вода повеќе отколку што растенијата користат вода, доведува до создавање вишок вода која навлегува под почвата, а особена улога имаат и „пропустливите“ почви преку кои водата што се користи побрзо стигнува до подземните води.

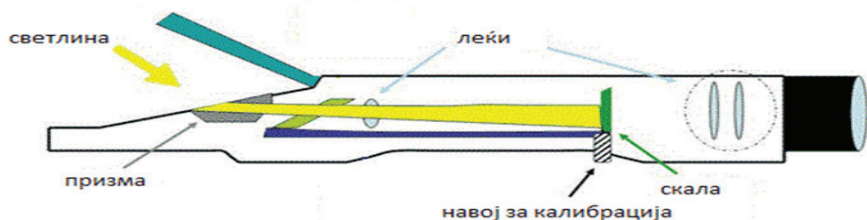
Терцијарната соленост се случува кога водата се користи на посевите или хортикултурата во текот на многу циклуси, директно или преку поминување низ почвата и достигнување на подземните води пред повторно да се примени. Секој пат кога се применува водата, дел од неа испарува додека солите во преостанатата вода стануваат поконцентрирани; високата концентрација на сол резултира од повеќе циклуси на користење на водата на посевите.

7.3.1. Мерење соленост на водата

Соленоста на водата во минатото се одредувала со користење техники на титрација. Процесот на титрација со сребро нитрат се користел за определување на концентрацијата на халидни јони (главно хлор и бром) со цел да се одреди хлорноста. Потоа хлорноста се множи со одреден фактор за да се

опфатат и останатите конституенти. Резултатот што се добива за соленоста се изразува во единица делови на илјадници (ppt или ‰)

$$\text{Соленост} = 1,806555 \times \text{Хлорност (ppt или g/kg)}$$



СЛИКА 62: Оптички рефрактометар

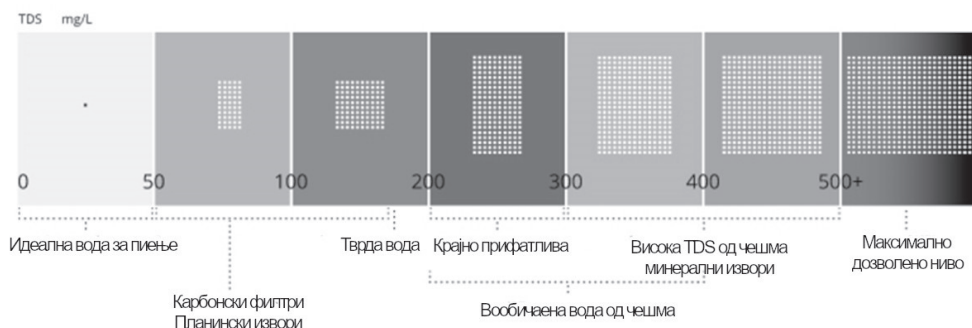
Рефрактометрите (слика 62) се уреди кои мерат колку светлината се искривува, односно се прекршува откако ќе навлезе во водата. Колку е поголема количината на сол растворена во водата, толку е и поголема отпорноста на светлината.

Кога светлината поминува низ медиум со еден индекс на рефрактивност (прекршување) кон друг медиум со различен индекс на рефрактивност, светлината се прекршува наместо да помине право. Аголот на рефракција зависи од разликата помеѓу двата индекса.

Денес постојат два главни метода за одредување на содржината на сол во вода: вкупното количество на растворени соли (или цврсти материи) и електричната спроводливост.

Вкупното количество на растворени цврсти материи е сума од катјоните (позитивно наелектризирани јони) и анјоните (негативно наелектризирани јони) во водата. Па така, овој тест дава мерка за износот на растворени јони, но не ја прикажува природата и врските на овие јони. Покрај тоа, овој тест не дава увид на одредени параметри, како тврдоста на водата, солениот вкус и корозивноста. Овој тест се користи за да се прикаже генералниот квалитет на водата. Вкупното количество на растворени цврсти материи (соли) во лабораторија се утврдува со филтрирање на точно определен волумен (примерок) од водата преку стандарден филтер. Филtratот се пренесува на

еден керамички сад, кој се наоѓа во печка за сушење на температура од 103 °C. Откако примерокот ќе се исуши, температурата се зголемува на 180 °C за да се отстранат молекулите на водата заробени во минералните матрици. Вкупното количество растворени соли се прикажува во единица милиграми на растворени соли во еден литар вода (mg/L).



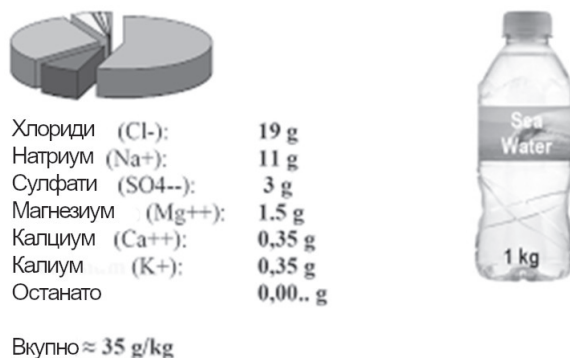
СЛИКА 63: Вкупно количество растворени цврсти материи [14]

Солите може да се акумулираат во растворливи или нерастворливи форми. Растенијата може да ги апсорбираат само растворливите соли. Само растворливите соли спроведуваат електрична струја, така што електричната спроводливост е добар водич за содржината на сол во водата.

Електричната спроводливост (ЕК) се мери со пропуштање на електрична струја меѓу две метални плочи (електроди) во примерокот од водата и мерење на тоа колку лесно тече струјата (т.е., се спроведува) помеѓу плочите. Колку поголемо е количеството на растворена сол во водата, толку е посилен протокот на струја и има повисока ЕК, односно водата која има растворена сол во неа ќе спроведе електрична енергија подобро од водата без растворена сол. Стандардната единица за изразување на електричната спроводливост е $\mu\text{S}/\text{cm}$ на 25 °C.

Употребата на мерењата на електрична спроводливост за да се одреди јонската содржина на морската вода довела до развој на практичната скала на соленост (слика 63). Резултатите за концентрациите на сол што се добиваат со користење на овој метод немаат единици. Суфиксот PSU понекогаш се додава со цел да се направи разлика со другите резултати (слика 64).

Соленост на океаните= јонска концентрација на сол во морската вода
 Единица=PSU (Единица за практична соленост)
 1 PSU=1 g/kg



СЛИКА 64: Јонска концентрација на сол во морската вода [14]

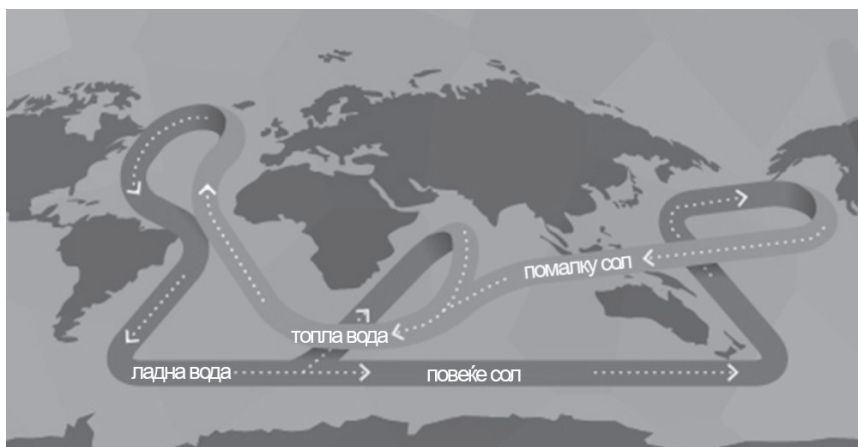
Во 2010 година е воведен нов стандард за својствата на морската вода наречен термодинамичка равенка на морската вода (TEOS-10). Овој стандард вклучува нова скала наречена референтна скала на соленоста. Апсолутната соленост на оваа скала се изразува како фракција од масата, во грам по килограм. Концентрациите на соленост се одредуваат со комбинирање на електричната спроводливост и други информации кои влијаат на промените на составот на водите.

7.3.2. Ефекти на водите со висока концентрација на сол

Високите концентрации на сол претставуваат опасност за животната средина, при што влијаат на обезбедувањето чиста вода за пиење, на земјоделството и на инфраструктурите, а со тоа и на пошироката економија. Високото ниво на соленост во водата и почвата може да предизвика природната вегетација на тоа место да изумре и да доведе до пад на биолошката разновидност преку доминација на видови кои се отпорни на високи концентрации на сол, а со тоа и потенцијално менување на структурите на екосистемот. Намалената вегетација, исто така, може да придонесе и за ерозија на земјиштето, кое потоа ги загадува и водите, со што ги прави непогодни за човекот и за исхрана на животните.

Зголемување на соленоста може да ги намали приносите и може да доведе до корозија на машините и инфраструктурата, како што се оградите, патиштата и мостовите. Овие влијанија на соленоста може да бидат исклучително скапи, од оштетување на земјоделското производство и дополнителни трошоци за третман на вода, до замена на кородираната инфраструктура. И покрај негативните ефекти од соленоста, некои водни средини се адаптирале на голем број на концентрации на сол.

Ненадејното зголемување или намалување на спроводливоста на електрична енергија може да укаже на загадување. Непланираното истекување на земјоделски и отпадни води ќе ја зголеми спроводливоста поради дополнителните концентрации на хлор, фосфати и нитритни јони. Протекување на масло или додавање други органски компоненти би ја намалило спроводливоста, бидејќи овие елементи не се разложуваат на јони. Во двата случаја, дополнителните материи ќе имаат негативно влијание врз квалитетот на водата.



СЛИКА 65: Влијание на соленоста врз густината на водата [14]

Соленоста влијае и на густината на водата. Поголемите концентрации на сол во водата влијаат на зголемување на густината на водата. Зголемувањето на концентрациите на сол е една од главните сили за циркулацијата на океаните, бидејќи менувањето на густината поради промените на концентрациите на соленост и на температурата на површината на океаните доведува до промени во пловноста, односно до потонување и издигање на водните маси (слика 65).

Соленоста е особено важна бидејќи влијае и на концентрациите на растворен кислород. Колку е повисоко нивото на соленост, толку е пониска концентрацијата на растворен кислород. Кислородот е околу 20 % помалку раствор-

лив во морската вода отколку во слатководните води на иста температура. Тоа значи дека во просек морската вода има помалку растворени концентрации на кислород од слатководните води.

Стратегиите за решавање на проблемите поврзани со соленоста треба да бидат насочени главно кон намалување и спречување на навлегување на солта во подземните води. Тоа може да се направи со воведување промени околу користењето на земјиштата на места каде што има големи количества на сол во водите под почвите.

Еден од најдобрите начини за да се намали концентрацијата на сол во подземните води е да се воспостави адекватна вегетација. Во тој случај, колку поголема ќе биде количината на вода што вегетацијата ја користи, толку повеќе ќе се влијае на намалување на продирањето на солта преку водата во подземните води.

Одржувањето на почвата, исто така, придонесува за справување со високите концентрации на сол, со тоа што побогатите почви може да задржат поголеми количини на вода, со што би се намалило количеството на вода што оди под земјата. Поради комплексноста на природата и обемот на соленоста, обично е потребна мешавина од повеќе постапки за справување со соленоста. Како најчести останати мерки кои се преземаат се: одржувањето на природните водни живеалишта, враќањето на вегетацијата покривка со соодветни автохтони видови за контрола на површината од сол, како и воспоставувањето шеми за следење на водите со високи концентрации на сол со цел одведување во посебни базени за евапорација.

7.4. Мерење на кондуктивноста (спроводливоста) на водата

Кондуктивноста покажува колкава е способноста на водата да спроведе електрицитет, односно електрична енергија.

Чистата, дестилирана вода има помала способност да спроведе електрицитет, но ако се додаде сол или друга неорганска хемикалија која се распаѓа на мали честички кои се наелектризирани (јони) ја зголемува способноста на водата да спроведе електрицитет. Најчесто јоните во себе ги содржат елементите: натриум, хлор, калциум и магнезиум. Значи, ако се зголеми соленоста, се зголемува и кондуктивноста. Органските соединенија, како што се шеќер и алкохол, не ја зголемуваат кондуктивноста на водата.

Компонентите кои се раствораат како јони, исто така, се познати како електролити. Колку е поголем бројот на јони, пропорционално се зголемува и спроводливоста на водата. Пример, морската (солена) вода претставува голем спроводник, бидејќи е полна со наелектризирани честици.

Јоните спроведуваат електрична енергија благодарение на нивните позитивни и негативни полнежи. Кога електролитите се раствораат во вода, се делат на позитивно наелектризирани честици (катјони) и негативно наелектризирани честици (анјони).

Како што се делат низ водата, така нивните полнежи остануваат еднакви. Тоа значи дека иако спроводливоста се зголемила поради додадени јони, водата останува електрично неутрална.

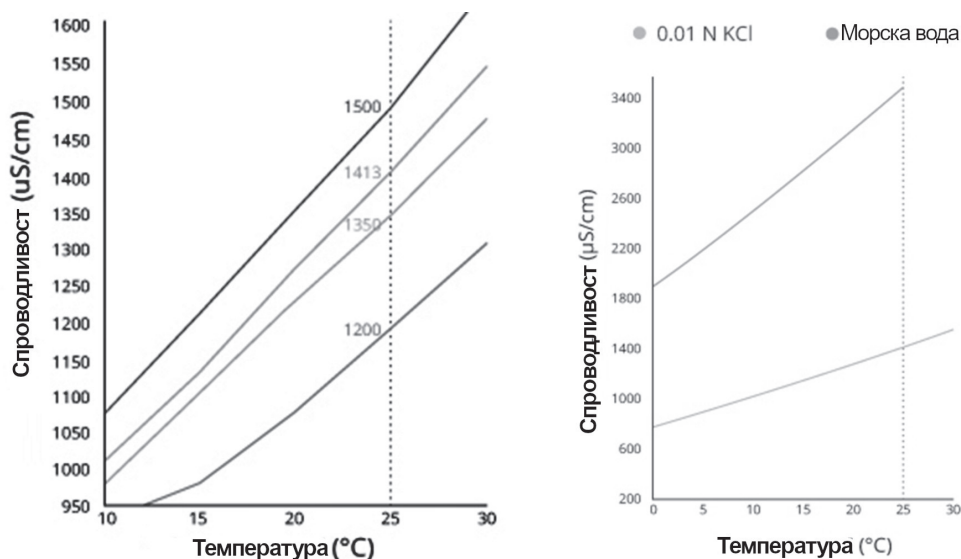
Кондуктивноста се мери во микро или милисименс на сантиметар ($\mu\text{S}/\text{cm}$ или mS/cm). Исто така, може да биде измерена и во микромос или милимос на сантиметар ($\mu\text{mhos}/\text{cm}$ или mmhos/cm), но ваквите мерки не се користат толку често.

Микросименс на сантиметар се користи при земање мерки од свежа вода за пиење. Таа вода содржи помалку од $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ кондуктивност во водата за пиење. Во некои солени води има содржина од околу $1800 \mu\text{S}/\text{cm}$ кондуктивност. Во дренажните води содржината на кондуктивност е од 8000 до $23000 \mu\text{S}/\text{cm}$. Инаку, морските води имаат концентрација од околу $54000 \mu\text{S}/\text{cm}$ кондуктивност.

7.4.1. Специфична кондуктивност

Специфичната кондуктивност претставува мерка која се спроведува на 25°C . Ова е стандардизиран метод за прикажување кондуктивност. Бидејќи зголемувањето на температурата на водата го отежнува проценувањето на кондуктивноста, на 25°C податоците полесно се споредуваат и се определуваат. Податоците најчесто се усвоени со микросименс на сантиметар.

Ако кондуктивноста на водата е измерена при 25°C , таа се усвојува како специфична кондуктивност. Ако мерењето е спроведено на друга температура, која подоцна ќе се споредува со 25°C , тогаш коефициентот на температурата мора да биде земен предвид. Коефициентот на специфичната кондуктивна температура се определува во зависност од измерената температура и составот на јони во водата (слика 66).



СЛИКА 66: Влијание на температурата врз кондуктивноста [14]

Кога се зголемува температурата на водата, се зголемува и кондуктивноста. За секој плус 1 $^{\circ}\text{C}$, кондуктивноста се зголемува од 2 до 4 %. Температурата влијае на кондуктивноста со тоа што ја зголемува мобилноста на јоните, како и растворливоста на многу соли и минерали. Ова може да се забележи при дневните варијации на температурата. Преку ден, на сончева светлина, кондуктивноста се зголемува. Навечер, кога температурата се намалува, кондуктивноста се намалува.

Поради директниот ефект на температурата, кондуктивноста се мери или се споредува со стандардната температура (25 $^{\circ}\text{C}$). Освен ефектот на просечната температура, врз кондуктивноста низ сезонските варијации влијае и водниот тек. Во некои реки, кога во пролет реката го достигнува својот максимален волумен, кондуктивноста може да биде пониска отколку во зима, и покрај пониските температури. Водите со понизок волумен се посклони кон испарување и зависат повеќе од температурата.

7.4.2. Отпорност и кондукција

Кондуктивноста е дефинирана како реципрочна вредност на отпорноста. Чистата вода има отпорност од 18,2 $\text{Mohm}\cdot\text{cm}$. Отпорноста се зголемува со зголемување на концентрацијата на јоните во водата. Интересен е начинот на кој може да запаметиме дека отпорноста и кондуктивноста се реципрочни вредности (1/мерна единица), бидејќи името на мерните единици ги содржи истите букви (мо и ом), а ако се прочитаат наопаку се добиваат истите имиња.



ОМ
стандардна единица
за отпорност



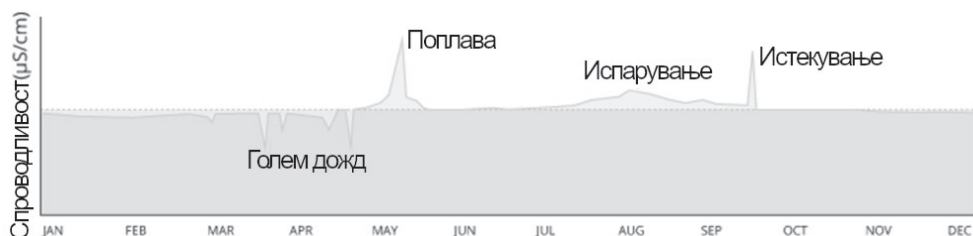
МО
стандардна единица
за спроводливост
(реципрочна на отпорноста)

Кондукцијата е дел од кондуктивноста, која самата не претставува специфична мерка. Електричната кондукција зависи од должината на кондукторот, како и од отпорноста. Кондукцијата, исто така, се мери во mhos или siemens. Кондуктивноста претставува кондукција (S) која е мерена по специфична должина (1 cm). Кондукцијата на водата се менува по нејзината должина. Но, додека температурата и состојките на водата останат исти, кондуктивноста на водата нема да се промени.

7.4.3. Фактори кои влијаат врз кондуктивноста

Кондуктивноста, поточно специфичната кондуктивност, е една од најефикасните и најкористени мерки за одредување на квалитетот на водата.

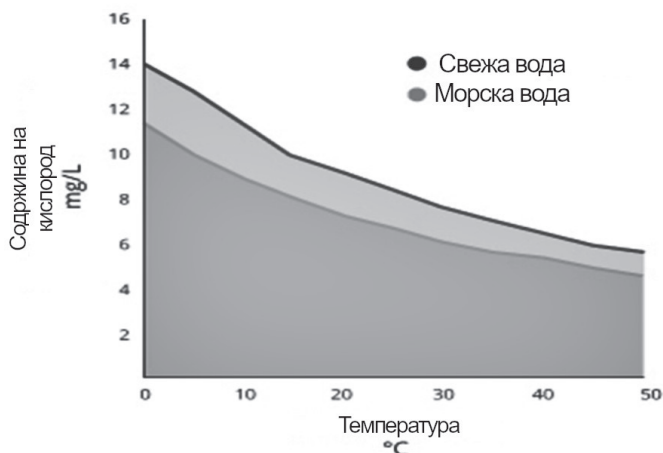
Кондуктивноста е еден од првите индикатори кој укажува на состојбата на водниот систем, односно на количината на соленост и растворени соли во системот. Вообичаено, системите со вода одржуваат константна кондуктивност, која може да биде искористена како база за споредба со идните мерења. Евидентната промена, независно дали се работи за природно зголемување на протокот, испарување или загаденост создадена од човекот, може да биде многу штетна за квалитетот на водата (слика 67).



СЛИКА 67: Влијание на количината на вода врз кондуктивноста [14]

Кондуктивноста и соленоста на водата имаат силна корелација. Кондуктивноста полесно се мери, па затоа се користи во алгоритми за проценка на соленоста и TPS (тотално растворени соли). Овие две појави влијаат на квалитетот на водата и животот во неа.

Соленоста е важна бидејќи има влијание врз растворливоста на кислород. Колку што е поголема содржината на соленост, толку е пониско нивото на растворена концентрација на кислород. Кислородот е околу 20 % помалку растворлив во морска вода отколку во свежа вода при иста температура. Тоа значи дека, во просек, морската вода има помала концентрација на растворен кислород отколку свежата вода (слика 68).



СЛИКА 68: Влијание на кондуктивноста врз растворениот кислород [14]

Ненадејно зголемување или намалување на кондуктивноста во воден систем (средина) може да доведе до појава или зголемување на загаденоста. Истекувањето на отпадни води ја зголемува кондуктивноста поради содржината на јони од хлориди, фосфати и нитрити. Истекување на масла или истекување на други органски компоненти ја намалува кондуктивноста, бидејќи нивните елементи не се разложуваат на јони. Во двата случаја, влијанието е негативно врз квалитетот на водата.

Во потоците и реките, нормалното ниво на кондуктивност доаѓа преку околната геологија. Глинената почва придонесува за кондуктивноста, додека гранитните камени плочи ја спречуваат кондуктивноста. Минералите кои се наоѓаат во глинената почва се јонизираат при нивното растворање, додека гранитните плочи остануваат инертни. И обратно, водата која се наоѓа над

почвата, придонесува за зголемување на кондуктивноста во потоците или реките, во зависност од околната геологија низ која поминува водата. Површинската вода која има голема концентрација на јонизирани минерали ја зголемува својата кондуктивност во водата која тече.

Најголемиот дел од солта во океаните доаѓа од површинските честици на земјата, седиментацијата и тектонската активност. Дождот содржи јаглеродна киселина, која може да придонесе за ерозија на камењата. Како што дождот тече по почвата и карпите, минералите и солите се разредуваат на јони кои се движат заедно со дождот, сè додека, евентуално не стигнат до океанот.

Хидротермалните отвори кои се наоѓаат на дното на океанот, исто така, исфрлаат минерали. Како што жешката вода излегува од отворите, така се ослободуваат минерали. Подморските вулкани можат да еруптираат растворени минерали и јаглерод диоксид во океанот. Разредениот јаглероден диоксид се претвора во јаглеродна киселина која има својство на ерозија врз карпите кои го опкружуваат морското дно и создаваат сол. Како што водата испарува од површината на океанот, солта останува назад и се акумулира повеќе од милиони години.

Важно е да се напомене дека ако водата е дејонизирана и ултрачиста не значи дека нејзината кондуктивност е нула. Вредноста на кондуктивноста е многу мала и во многу случаи занемарлива, но дури и дејонизираната вода содржи H^+ и OH^- јони. На собна температура, концентрацијата на H^+ јоните и OH^- јоните е 10^{-7} M (рН дејонизирана вода би имала неутрален рН од 7 без атмосферски контакт), односно многу мала кондуктивна вредност. И покрај оваа ниска вредност, дејонизираната вода има 0 % на соленост во себе.

Сè додека водата не е во контакт со воздух (поточно CO_2), дејонизираната вода би требало да има кондуктивност од $0,055 \mu S/cm$, при $25^\circ C$ (и ќе има рН од 5,56). Повеќето стандарди дозволуваат кондуктивност од 0,5 до $3 \mu S/cm$ за дестилирана вода, во зависност од времетраењето на изложување на воздух.

Температурните промени би имале поголем ефект врз кондуктивноста на јонизираната вода поради моларната еквиваленција на кондуктивноста на H^+ и OH^- при отсуството на други јони. Наместо зголемување на кондуктивноста за $2 \div 3$ % за еден Целзиусов степен, може да се зголеми приближно за 5 % за еден Целзиусов степен.



8.

СПЕКТРОМЕТРИСКИ МЕТОД НА АНАЛИЗА

Во текот на изминатите неколку години, фотометриските и спектрометриските анализатори почнаа да се применуваат за бројни апликации за анализа во реално време. Иако вообичаеното место за примена е во лабораторија, спектрометријата не се сметаше за сигурна технологија за употреба сè до средината на 80-тите години на минатиот век, поради потребата за контролирано опкружување, стручни оператори и често одржување сложени, механички приспособени оптички системи. Достапноста на новите стандардизирани оптички компоненти со пониска цена, како што се извори на светлина, филтри за сепарација на бранови должини со бранови должини и решетки, подобрени фотомножителите и детектори за диодни мрежи, фибер оптика и вградени системи за пресметка, овозможија да се проектираат и да се изведат солидни, сигурни системи кои мерат и анализираат со користење на методот на апсорпција на светлина. Овие системи може да користат единечни или повеќебројни (понекогаш бројни) бранови должини во ултравиолетовата (УВ), видлива или блиску до инфрацрвена бранова должина, со или без помош од реагенси, за анализа на животната средина на вода и отпадни води.

Иако постои широк спектар на модели кои ги опишуваат интеракциите помеѓу материјата и електромагнетното зрачење, тука се опфатени подмножество на оптичка анализа каде што нивото на енергија на предметот што треба да се анализира се менува преку примена на зрачење во форма на светлина и каде промените во енергетското ниво на материјата последователно се мерат како функција на брановата должина. Изворот на зрачење може да биде монохроматски, како, на пример, светилка проследена со филтер или ласер, што ќе резултира со примена на зрачење на една бранова должина. Изворот на зрачење може да биде и полихроматски, што резултира со истовремена примена на сите бранови должини на емитираната светлина или последователна примена на низа бранови должини. Детекцијата, исто така, може да биде на една бранова должина или вкупниот ранг на бранови должини со помош на фотоелектричен детектор.

Во ова поглавје ќе се анализира секој метод кој ќе ја мери промената на енергијата во комплетниот оптички опсег на електромагнетниот спектар (од инфрацрвена до вакуум УВ) како фотометриски метод. Ќе се дефинира терминот спектрофотометриски за оние методи кои ги мерат промените на енергијата во текот на низа бранови должини во оптичкиот опсег (спектар).

Во практична смисла, фотометриските методи може да се класифицираат според бројот на бранови должини кои се користат за мерење на енергетските про-

мени (една или повеќе), изворот на зрачењето (лак, искра, оган, ласер, светилка итн.), опсегот на извор на зрачење (континуиран или дискретен) и ориентацијата на детекторот во однос на изворот и матрицата на примерокот (трансмисивна или рефлективна). Методите кои често се класифицираат како фотометриски мерат и другите ефекти на оптичкото зрачење, како што е аголот на рефракција или износот на дефракција од примерокот или временскиот интервал помеѓу примената на зрачењето и мерењето на промената на енергијата.

8.1. Основни принципи на UV/Vis апсорпциска спектрометрија

Зрачењето на светлината во УВ и видливите бранови должини ќе резултира со промена на енергијата на одредени молекули која произлегува од апсорпцијата на енергија. Кога молекулот апсорбира зрачење, неговата енергија се зголемува. Во молекулите кои реагираат на УВ и видливата светлина, зголемувањето на енергијата се должи на промените во електронската, вибрационата и ротационата енергија во надворешната обвивка на електроните. Електроните најверојатно ќе ја зголемат енергијата во молекулите кои се лабаво врзани валентни електрони, електрони кои учествуваат во двојни или тројни врски и непарните електрони во одредени радикали или јони. Во нормални услови, молекулот го зазема најниското дозволено ниво на енергија (наречено основна состојба), но откако ќе се добие енергија од надворешен извор, нивото на енергија ќе скокне од основната состојба на повисоко ниво на енергија (наречено возбудена состојба).

Сите молекули кои се предмет на апсорпција ќе се вратат во основната состојба по отстранување на зрачењето. Повеќето молекули ќе се вратат во основната состојба без да испуштаат мерлив производ, но во одредени молекули враќањето од возбудената состојба во основната состојба е придружено со емисија на светлина од молекулот. Иако промената на енергијата поради апсорпција е предмет на анализа во апсорпционата спектрометрија, треба да се забележи дека мерењето на емисијата на светлина што произлегува од враќањето во основната состојба е основа за флуоресцентна спектрометрија.

8.2. Законот на Беер

Законот на Беер го опишува односот помеѓу количината на апсорпција на светлината која се јавува преку дадена должина на патот на матрицата на примерокот и концентрацијата на материјата во матрицата. Овој Закон се

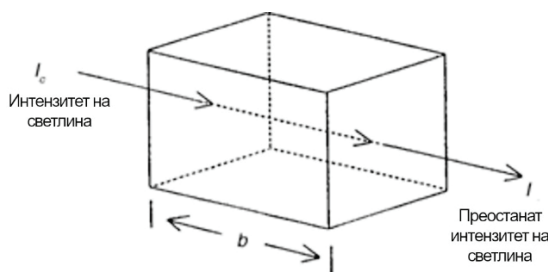
применува на едноставна матрица која се состои од една апсорбирачка компонента, измерена со помош на промена на интензитетот на една бранова должина на светлина која се пренесува преку матрицата на примерокот. Ако апсорбирачката компонента во матрицата е во согласност со Законот на Беер, концентрацијата на апсорбирачката компонента ќе биде пропорционална со промената на апсорпцијата. Оваа релација е илустрирана на слика 69, додека во табела 8 се наведени поважните термини и симболи.

$$\log \frac{I_0}{I} = \epsilon bc$$

ϵ - моларна константа на апсорпција

b - должина на патеката низ семплот

c - концентрација на апсорбирачката супстанција



СЛИКА 69: Закон на Беер [10]

Табела 8: Поважни спектроскопски термини и симболи кои се користат во анализа.

Термин и симбол	Дефиниција	Алтернативно име и симбол
моќ на зрачење P, P_0	Енергија на зрачење која паѓа на единица површина на детекторот во секунда	интензитет на зрачење I, I_0
апсорбанца A	$\log(P_0/P)$	оптичка густина D екстинкција E
трансмитанца T	P/P_0	трансмисија T
пат на зрачењето b		l, d
апсорпционен коефициент a	A/bc	коефициент на екстинкција k
моларен апсорпционен коефициент ϵ	A/bc	моларен коефициент на екстинкција ϵ

8.2.1. Детекција на спектарот на апсорпција

Иако многу хемикалии ќе апсорбираат светлина во опсегот на УВ или видливи бранови должини (вклучувајќи и многу хранливи материи, тешки метали, халогени и органски), многу други хемикалии од интерес за анализа на животната средина немаат структури на врска или слободни електрони кои овозможуваат апсорпција на УВ или видлива светлина. Кога мерењата на апсорпцијата на светлина може да се користат за директно откривање на супстанција која користи природни апсорпциски спектри, таа појава се нарекува анализа на примарна апсорпција. Кога хемиските реагенси мора да се користат за да предизвикаат детектибилни спектри на апсорпција, таа појава се нарекува секундарна апсорпциска анализа.

8.2.1.1. Примарна апсорпција

Во едноставна матрица, каде што е присутна само една апсорбирачка компонента, секоја бранова должина во согласност со Законот на Беер може да се користи за анализа. Во отсуство на прашања кои произлегуваат од другите компоненти во матрицата, за анализа ќе се користи брановата должина која обезбедува најголем динамички опсег. Тоа е најчесто врвната бранова должина од спектарот на апсорпција. Во покомплексна матрица, треба да се решат голем број прашања пред да се разгледа можноста за примарна анализа. Ако апсорпцијата на целната супстанција е при единствени бранови должини кои не се под влијание од апсорпциите од други компоненти, примарната апсорпција може да се користи за анализа. Тоа значи дека аналитичарот има пристап до информации во врска со идентитетот и апсорпционите карактеристики на другите компоненти во матрицата. Во отсуство на тие информации, примерокот можеби ќе треба да биде пребаран за присуство на супстанции кои имаат апсорпциски спектри за кои се знае дека се мешаат (преклопуваат) со брановата должина наменета за анализа на целното соединение. Овие интерференции или мора да се отстранат пред примарната анализа или да се одделат посебно, така што мерењата на примарна апсорпција може да се приспособат за да се компензира нивното присуство.

8.2.1.2. Секундарна апсорпција

Откривањето на УВ-апсорпција или боја во примерокот по додавањето реагенс е од фундаментално значење за полето на хемиска анализа. Многу од

стандардните аналитички методи достапни за употреба во лабораториите за животна средина се користат за секундарна анализа на апсорпција на УВ или видливи бранови должини. Таквите тестови обично се потпираат на реакции помеѓу реагенсот и целните супстанции за да формираат ново соединение кое ќе поседува карактеристики на апсорпција на светлина кои се во согласност со Законот на Беер на одредена бранова должина и затоа може да се користат за пресметување на концентрацијата на целните супстанции. Секундарната анализа на апсорпција често се користи како стратегија за заобиколување прашања кои произлегуваат од мешана матрица, која содржи неколку компоненти. Апсорпцијата создадена по додавањето на реагенсот е наменета да биде при бранови должини кои не се засегнати од присуството на другите компоненти во матрицата.

8.2.2. Интерпретација на спектарот на апсорпција на UV/Vis

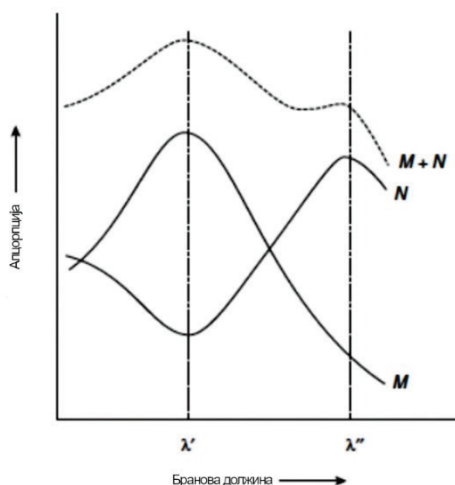
Откривањето и мерењето на спектрите на апсорпција од примерокот може да обезбедат доволни информации за анализа само ако мерењето ја претставува апсорпцијата на светлина што може да се припише на разгледуваните компоненти на матрицата. Кога светлината се пренесува преку матрицата на примерокот, пресметките на Законот на Беер се базираат на промена на интензитетот на дадената бранова должина. Така, мора да биде познат почетниот интензитет на светлината, како и добиениот интензитет по пренесувањето на светлината преку матрицата на примерокот. Набљудуваната промена на интензитетот не може целосно да се припише на апсорпцијата во рамките на матрицата, особено ако матрицата е содржана во ќелија или кувета која може да понуди рефлексивни или трансмисивни загуби на интензитетот на светлина независно од загубите на апсорпција во рамките на матрицата. Тие загуби мора да бидат елиминирани од какви било последователни пресметки користејќи техника наречена нулирање. Оваа техника изведува мерења во идентична клетка или кувета која содржи матрица што не апсорбира (празно). Ова овозможува мерење на сите загуби кои не се припишуваат на компонентите на матрицата што треба да се извршат. Следното мерење потоа може да се одземе од какви било последователни мерења на примерокот, оставајќи ја само апсорпцијата која може да се припише на компонентите на матрицата.

Калибрација во суштина е равенка во форма $Y = a + bX$, каде што a е пресек со Y и b е наклон на линијата која го дефинира односот помеѓу апсорпцијата измерена во матрицата и концентрацијата на апсорбирачката компонента

во матрицата (калибрациските криви, исто така, може да бидат во логаритамска форма $Y = a + bX$). Оваа врска може да се изведе експериментално со изготвување минимум два стандарда со познати концентрации на компонентата кои треба да се мерат и добивање апсорпција на овие мостри преку одредена должина на патеката. Меѓутоа, поголем број примероци секогаш се препорачуваат, со цел да се потврди дека односот помеѓу апсорпцијата и концентрацијата е навистина линеарен (т.е., дека Законот на Беер се почитува) во одреден опсег на концентрации. Дополнителните стандарди можат да се користат или како примероци за тестирање, каде што вредноста на концентрацијата предвидена со калибрационата равенка се споредува со фактичката концентрација на стандардот или да се изведе равенката со помош на статистичка регресија.

8.2.3. Примарна анализа со единечна бранова должина

Во едноставна матрица, како што е онаа која содржи една апсорбирачка компонента во проѕирни медиуми, бројот на бранови должини што се користат за анализа не е значаен, под услов избраната бранова должина да е во опсег кој го почитува Законот на Беер. Во отсуство на пречки од втората компонента, една бранова должина ќе даде задоволителен резултат. Пример е анализата на нитрат во дејонизирана вода, каде што секоја бранова должина во опсег од 220 до 250 nm ќе обезбеди одлична корелација за концентрациите на нитрати помеѓу 0,1 и 20,0 ppm.



СЛИКА 70: Спектар на апсорпција на двокомпонентна смес [10]

Ако матрицата содржи повеќе од една апсорбирачка компонента, детектираниот спектар на апсорпција ќе биде комбинирана функција на сите апсорбирачки компоненти. Во течни медиуми, преклопувањето на спектарот за поединечните компоненти ќе резултира со мазен потпис за апсорпција, како што е прикажано на слика 38. Ако поединечните компонентни спектри делумно се преклопуваат, може да биде возможно да се идентификува дел од матричниот потпис каде што брановите должини се добро поврзани со концентрацијата на една поединечна компонента, но во отсуство на автоматски алатки кои можат да бараат такви корелации, посебно познавање на сите потребни компоненти и нивните спектри на апсорпција. Ако два или повеќе поединечни компонентни спектри целосно се преклопуваат, ниту една бранова должина нема да даде прифатлива корелација со која било апсорбирачка компонента, бидејќи апсорпцијата на која било бранова должина, всушност, ќе биде збир на индивидуалните апсорпции од повеќе супстанции.

8.2.4. Примарна анализа со повеќе бранови должини

Кога матрицата содржи преклопени спектри од повеќе апсорбирачки компоненти, бројот на бранови должини што се користат за примарна анализа станува значаен. Бидејќи матрицата станува посложена, поголем број соодветно избрани бранови должини ќе ја подобри корелацијата помеѓу пресметаните и реалните концентрации за целните компоненти кога се анализираат користејќи техники, како што се повеќекратната линеарна регресија на вредностите на апсорпција.

Една форма на овој проблем е мешавина во која се познати сите апсорбирачки компоненти. Серија истовремени равенки (познати како K-матрица) може да се конструираат во форма

$$A = KC$$

Каде:

$$A \text{ е апсорпција на светлина} = \log I_0/I = \epsilon bC$$

ϵ е коефициент на апсорпција

b е должина на патеката

C е концентрација на апсорбирачка материја.

Бидејќи постојат неколку апсорбирачки компоненти, вкупната апсорпција на која било бранова должина ќе биде функција на збирот на апсорпциите на поединечните компоненти врз основа на нивните концентрации во растворот. Равенките може да се дефинираат за секое m од брановите должини како:

$$\begin{aligned} A_1 &= K_{11}C_1 + K_{12}C_2 + \dots + K_{1n}C_n \\ A_2 &= K_{21}C_1 + K_{22}C_2 + \dots + K_{2n}C_n \\ &\vdots \\ A_m &= K_{m1}C_1 + K_{m2}C_2 + \dots + K_{mn}C_n \end{aligned}$$

Оваа анализа бара познавање на сите апсорбирачки компоненти во растворот со цел да се обезбедат информации за корелација. Тоа е нереално барање при анализа на повеќето примероци. Затоа, инверзна техника која ја дефинира концентрацијата како функција на апсорпција е повеќе практичен пристап. Овој Р-матричен пристап не бара познавање на сите апсорбирачки компоненти. Пристапот користи серија симултани равенки во облик:

$$C = PA \text{ каде што } P = K^{-1}$$

Равенките може да се дефинираат за секоја од n апсорбирачките компоненти како што следува:

$$\begin{aligned} C_1 &= P_{11}A_1 + P_{12}A_2 + \dots \\ C_2 &= P_{21}A_1 + P_{22}A_2 + \dots \\ &\vdots \\ C_n &= P_{n1}A_1 + P_{n2}A_2 + \dots \end{aligned}$$

Пристапот на Р-матрицата има дополнителна предност што овозможува користење на различни техники за дополнителна обработка и трансформација, како што се деривирање, Фуриеова трансформација, анализа на главните компоненти и други таканаречени хеометриски техники.

Потенцијалот за примарна анализа во сложена матрица со помош на техники на мултиваријатни анализи може да се види во табела 9, каде што нитратот беше целна компонента во едноставна матрица која се состои од нитрат и

дејонизирана вода како растворувач и во комплексна матрица составена од отпадни води кои содржат бројни компоненти. Нитратот беше анализиран со користење на повеќелинеарна регресија на вредностите на апсорпција од 1 до 50 бранови должини за секоја матрица. Во едноставната матрица не е постигната разлика во корелацијата, бидејќи бројот на бранови должини вклучен во анализата е зголемен. Во сложената матрица, сепак, имаше подобрена корелација со зголемување на бројот на бранови должини.

8.2.5. Секундарна анализа со единечна бранова должина

Методите со една бранова должина се најчесто користени лабораториски методи. Многу од овие методи се приспособени за примена во реално време. Како што претходно е забележано, овие методи обично се потпираат на дополнувања на реагенсот за да се формираат соединенија со целни компоненти кои ќе произведат спектри кои ќе го почитуваат Законот на Беер и може да се мерат со бранови должини кои не се поврзани со другите компоненти во матрицата.

Пример за типичен лабораториски метод со мерења апсорпција на светлина со една бранова должина за хемиска анализа е методот со редукција на кадмиум за анализа на нитрати. Овој метод користи колона од кадмиумски гранули за намалување на нитратот во нитритот во примерокот. Примерокот прво мора да се подготви со екстракција на присутно масло или маст, отстранување хлор, боја или заматеност во примерокот и приспособување на pH, доколку е потребно. Етилендиаминтетраоцетна киселина (ЕДТА), исто така, може да биде додадена за да се одржи ефективност на колоната за намалување ако металите се присутни во примерокот. При што примерокот на мален со кадмиум потоа се третира со реагенс за да се формира азо боја, која може да се мери за интензитет на 543 nm. Резултатите од интензитетот од примерокот се споредуваат со празно место за да се елиминираат загубите што не се припишуваат на азо комплексот. Нитратните стандарди на позната концентрација се слично намалени во кадмиумовата колона, третирани со реагенс и измерени на 543 nm, со цел да се развие калибрациона равенка. Равенката се користи за пресметување на концентрацијата на непознатиот нитрат во примерокот.

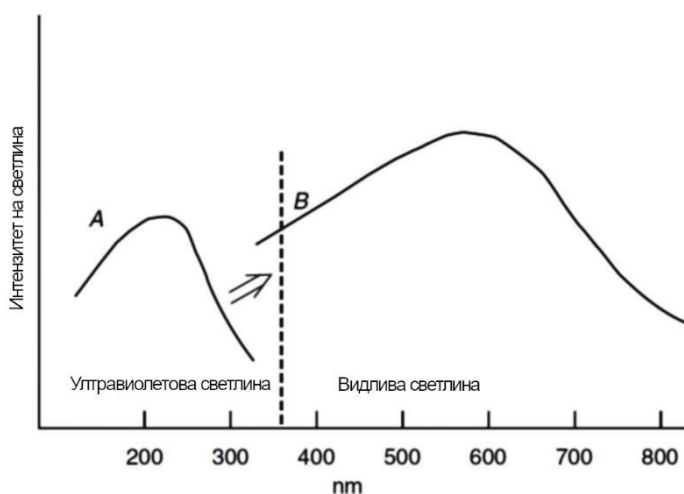
ТАБЕЛА 9: Коефициент на корелација на нитрити наспроти реална концентрација

Број на бранови должини (без референтната)	Едноставна матрица (дејонизирана вода)	Комплексна матрица (отпадни води)
1	0,99	-
2	0,99	0,82
3	0,99	0,88
5	0,99	0,92
10	0,99	0,96
20	0,99	0,98
30	0,99	0,99
40	0,99	0,99
50	0,99	0,99

Така, со овој стандарден метод е потребна прилично комплицирана постапка за кондиционирање и обработка на примерокот, со цел да се измери концентрацијата со релативно едноставно мерење на една бранова должина. По намалување на интерференциите, спектрите на апсорпција на целната компонента се префрлаат и се засилуваат преку создавање ново соединење, како што е прикажано на слика 71. Оваа постапка може да се автоматизира за онлајн апликација, но само со голема тешкотија и по исклучувањето на некои од чекорите за препроцесирање на примерокот.

8.2.6. Секундарна анализа со повеќе бранови должини

Методите со повеќе бранови должини може да се користат во врска со дополнувањата на реагенсот со цел да се избегнат некои од процедурите за кондиционирање на примероци кои инаку би биле потребни за анализа. По додавањето на реагенсот, спектрите од новото соединење може да се преклопуваат со спектрите од други компоненти, од вишокот количини на реагенсот, од растворувачот, од меѓукомпонентните реакции. Во овие случаи, техниките за анализа на повеќе бранови должини нудат исти придобивки кои се достапни за примарна анализа, и овие техники се применуваат слично.



СЛИКА 71: А □ Природни апсорпциони спектри Б □ Промената на брановата должина и интензитетот по анализите е сложена со хроматски реагенс. Реагенсите често се користат во анализата на врвна бранова должина за поместување на апсорпционите спектри на анализираната течност од една бранова должина до друга (често од ултравиолетово до видливо) или за зголемување на интензитетот на спектарот со промена на положба или форма на потпис [10].

Анализата со повеќе бранови должини е особено корисен метод за следење на промената на апсорпцијата за една или повеќе супстанции кои се вклучени во постапката на титрација, под услов супстанцијата да го почитува Законот на Беер. Спектрофотометриска анализа, исто така, може да се користи за идентификација на соединенија, која бара еднокомпонента матрица, целосен спектар на апсорпција за испитување и познавање на односот помеѓу структурата на апсорпција и составниот состав.

8.3. Основни компоненти на спектроскопските инструменти

Инструментите кои се користат во спектроскопијата се состојат од неколку заеднички компоненти: извор на енергија, уреди за добивање тесен интервал бранови должини, детектор за мерење на сигналот, кој може да биде термички и фотонски, и обработувач на сигналот, кој го преведува сигналот во форма погодна за аналитичарот.

Изворот на електромагнетно зрачење треба да обезбеди доволно интензивно и стабилно зрачење во одреден дел од електромагнетниот спектар.

Изворите на електромагнетно зрачење може да бидат континуирани и линиски. Континуиран извор емитура зрачење во широк интервал на бранови должини, со релативно мали варијации во интензитетот како функција од брановата должина.

За разлика од него, линискиот извор емитура зрачење во неколку избрани, тесни подрачја на бранови должини. Во табела 10 се наведени најчесто користените извори на електромагнетно зрачење.

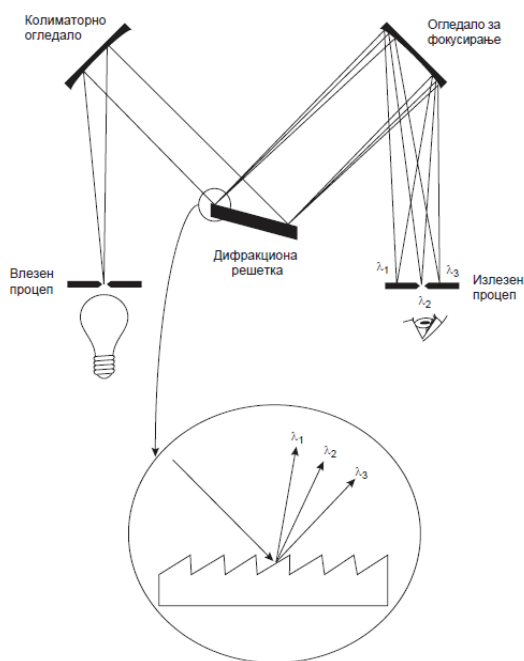
Табела 10: Извори на зрачење кои се користат во спектроскопијат

Извор	Спектрално подрачје I/nm	Спектроскопија
Континуирани извори		
Ксенонска ламба	250 600	Молекулска флуоресцентна
H ₂ и D ₂ ламби	160 380	UV молекулска апсорпција
Волфрамова ламба	350 2200	UV/Vis/блиско-IR молекулска апсорпција
Нернстово стапче	400 – 20 000	IR молекулска апсорпција
Линиски извори		
Ламба со цевна катода	UV/Vis	Атомска апсорпција; Атомска флуоресценција
Ламба со електрично празнење	UV/Vis	Атомска апсорпција; молекулска флуоресценција;
Ласер	Uv/Vis/IR	Молекулска апсорпција; молекулска флуоресценција

Ако во апсорпцијата на зрачењето учествува повеќе од една компонента на примерокот, квантитативната анализа со оригиналниот Неслеров метод станува невозможна. Од таа причина, најчесто се избира зрачење со определена бранова должина, каде аналитот ќе биде единствениот хемиски вид што ќе апсорбира. За жал, од континуиран извор не може да се изолира зрачење со една бранова должина. Затоа се користи селектор на бранови должини кој пропушта тесна лента од зрачење, која се карактеризира со определена бранова должина, со ефективна ширина на лентата и со максимална пропустли-

вост на зрачењето. Ефективна ширина на лента е дефинирана како интервал на зрачењето на половината од максималната пропустливост.

Недостаток на апсорпционите и интерферентните филтри е што со нив не може да се врши континуиран избор на бранови должини. Ако мерењата треба да се вршат на две бранови должини, мора да се изврши замена на филтерот. Дополнително ограничување е што не се достапни филтри за сите области на бранови должини. Алтернативно решение за избор на бранова должина, со можност за континуирана промена на брановата должина, е употреба на монохроматор (слика 72).



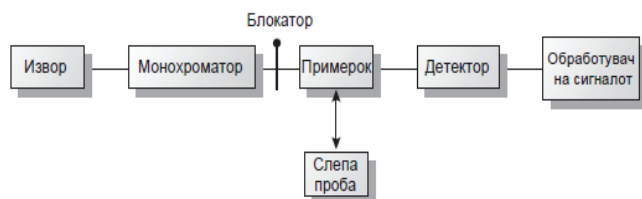
СЛИКА 72: Монохроматор со решетка [15]

8.3.1. Инструменти наменети за UV/видлива апсорпција

Инструментите кои користат монохроматори за избор на бранови должини се наречени спектрометри. Во апсорпционата спектроскопија, каде трансмитанцата претставува однос на две моќности на зрачењето, инструментот се нарекува спектрофотометар. Наједноставен спектрофотометар е инструмент со еден сноп зраци опремен со фиксен монохроматор како селектор на бранови должини. Блок-дијаграмот на ваков вид спектрофотометри е прикажан

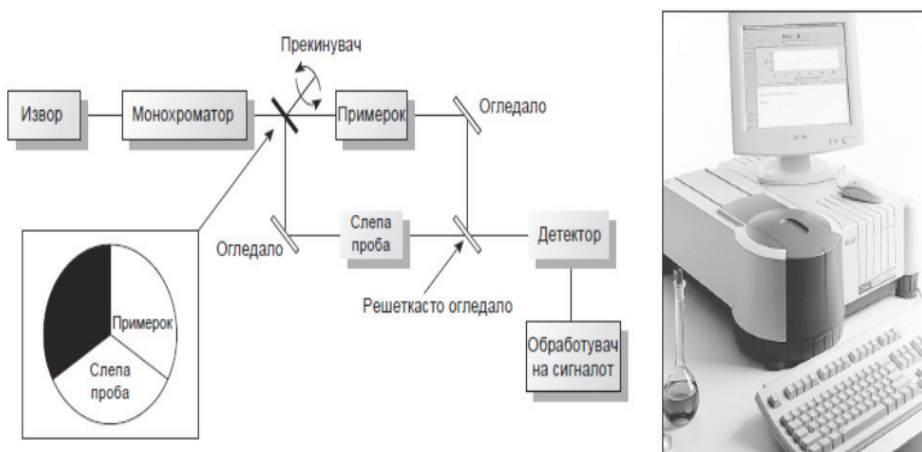
на слика 73. Спектрофотометри со еден сноп зраци се калибрираат и се користат на ист начин како и фотометрите. На пример, спектрофотометар со еден сноп зраци може да се користи од 340 до 625 nm (до 950 nm со детектор осетлив на црвена светлина) и има фиксна ширина на спектрална лента од 20 nm. Бидејќи оваа ширина на лентата е прилично голема, инструментот е попогоден за квантитативни анализи одошто за квалитативни. Достапни се и преносливи спектрофотометри со еден сноп зраци, со електрично напојување од батерија, кои може да се користат за анализи надвор од лабораторија. Достапни се и спектрофотометри со ефективна ширина на лента од 2 до 8 nm. Спектрофотометри со еден сноп зраци, со фиксна бранова должина не се практични за снимање спектри, бидејќи рачното нагудување на брановата должина и рекалибрирањето на спектрофотометарот се непрактични и бараат доста време. Освен тоа, точноста на спектрофотометри со еден сноп зраци е условена од стабилноста на изворот на зрачењето и на детекторот.

Ограничувањата на спектрофотометрите со еден сноп зраци, со фиксна бранова должина, може да се сведат на минимум со примена на спектрофотометар со двоен сноп зраци, прикажан на слика 74. Со прекинувач, прикажан на зголемениот дел од сликата, се врши контрола на патот на зрачењето со пренасочување на зракот кон примерокот, кон слепата проба или кон блокаторот. Обработувачот на сигналот ја користи познатата брзина на ротација на прекинувач за да го разложи сигналот кој доаѓа до детекторот на дел што е резултат на пропустливоста на матрицата (P0) и на примерокот (PT). Со вклучување на непроѕирна површина, како онаа на блокаторот, можно е постојано нагудување на 0 % T како одговор на детекторот. Ефективната ширина на лентата на спектрофотометар со двоен сноп зраци се контролира со помош на променлив процеп на влезот и на излезот од монохроматорот. Вообичаената ефективна ширина на лентата изнесува од 0,2 nm до 3,0 nm. Скенирачкиот монохроматор овозможува автоматско регистрирање на спектри.



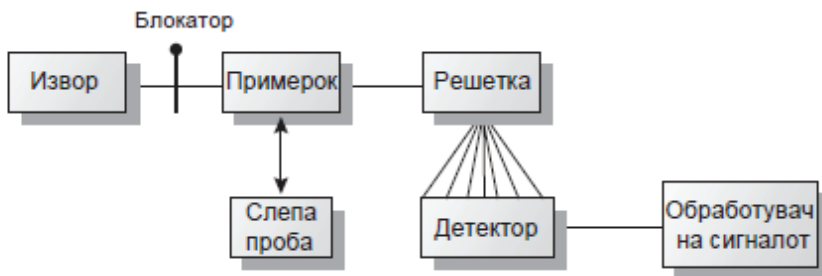
СЛИКА 73: Блок-дијаграм на спектрофотометар со еден сноп зраци, со фиксна бранова должина [15]

Инструментите со двоен сноп зраци се поуниверзални од инструментите со еден сноп зраци, и се користат како за квантитативни така и за квалитативни анализи но со повисока цена на чинење.



СЛИКА 74: Блок-дијаграм на скенирачки спектрофотометар со двоен сноп зраци [15]

Инструментите, разгледувани досега, користат само еден детектор и можат да следат само една бранова должина во дадено време. Линеарно поставена низа од фотодиоди се состои од поголем број детектори, или канали, коишто овозможуваат целиот спектар да биде регистриран за време од најмалку 0,1 s. Блок-дијаграм на типичен мултиканален спектрофотометар е прикажан на слика 75. Зрачењето од изворот што минува низ примерокот се диспергира на решетката. Линеарно подредените фотодиоди се поставени во фокусната рамнина на решетката, при што секоја диода регистрира енергија на зрачење во тесен интервал бранови должини.



СЛИКА 75: Блок-дијаграм на спектрофотометар со диодна низа [15]

Предноста на фотодиодната низа е брзината на собирањето на податоците, која овозможува да се регистрираат повеќе спектри за еден примерок. Поединечните спектри се сумираат, а средната вредност го дава финалниот спектар. Процесот на добивање средна вредност на сигналот го подобрува односот на сигналот спрема шумот за даден спектар. Кога се собира серија спектри, сумарната вредност на сигналот во секоја точка расте како nSx , каде што n е бројот на спектрите, а Sx е вредноста на сигналот во x -та точка од спектарот. Зголемувањето на интензитетот на шумот, кој претставува случаен настан, се одвива според изразот Nx .

Просторот предвиден за внесување на примерокот во инструментите прикажан на горните слики е непропустлив за зрачењето, со што се спречува загуба на зрачењето, како и влегување на случајното зрачење. Примероците, вообичаено, се во течна состојба или во форма на раствор, и се пренесуваат во кивети направени од материјал што пропушта UV/видливо зрачење – кварц, стакло и пластика. Кивети од кварц или стопен силициум диоксид се користат за работа на бранови должини помали од 300 nm, област во која другите материјали апсорбираат во значителна мера. Најчесто користените кивети се со дебелина од 1 cm, макар што се достапни и кивети со помала (≥ 1 mm) или поголема (≤ 10 cm) дебелина. Кивети со поголема дебелина се користат за анализа на многу разредени раствори или за гасовити примероци. Кивети со највисок квалитет се прават во правоаголна форма и се поставуваат така што зрачењето на нив да паѓа под агол од 90° , при што загубите поради рефлексија се најмали. Такви кивети, со идентични оптички карактеристики, се особено погодни за инструменти со двоен сноп зраци. Цилиндрични кивети често се користат за внесување примероци во едноставните спектрофотометри со еден сноп зраци, макар што разликите во дебелината и оптичките карактеристики на овие цилиндрични кивети внесуваат дополнителни извори на грешки во анализата.

8.3.2. Инструменти за теренска анализа на UV/Vis спектарот

Во лабораториска средина, аналитичарот мора да подготви примерок и да го изврши секој од индивидуалните чекори на воспоставената аналитичка постапка. Ако во постапката се користи фотометриска анализа, лабораторискиот фотометар или спектрофотометар може да се користи како едно од неколкуте алатки кои ќе ги користи аналитичарот за време на постапката. Може да се бараат и други алатки за филтрирање или отстранување на загадувачите, растворање или отстранување суспендирани материи, мерење

соодветни количини примероци и реагенс, мешање на примерокот и реагенсот, време на реакција, примена на топлина или агитација во различни фази на постапката, стандарди, да се запишуваат податоците од чекорите за анализа, да се произведуваат калибрациски равенки и да се пресмета концентрација за целното соединение врз основа на податоците од анализата и равенката за калибрација. Дури и ако одредени чекори во постапката се искористат од автоматизираниот апарат, одговорноста на аналитичарот е да го надгледува процесот, да го иницира секој чекор и да обезбеди дека целосната аналитичка постапка се прави правилно.

Автоматизираниот анализатор е дизајниран не само за вршење на финален аналитички чекор, туку и за извршување на сите потребни подготовки, кондиционирање и ракување со примероци и ракувања неопходни за анализа на примерокот и за пресметување на концентрацијата во примерокот или во референтните раствори или празни места. Иако анализаторот ги автоматизира перформансите на одредена секвенцијална постапка, анализаторот треба да биде подготвен од аналитичарот за да ја изврши специфичната постапка, складирана со набавка на неопходните хемикалии и стоки што се користат во анализата и да се обезбедат со примерок или примероци да се анализираат. Аналитичарот мора да го започне почетокот на автоматската анализа, откако ќе провери дека се обезбедени соодветни поставки и материјали. Онлајн анализаторот е повеќе од уред кој ќе изврши автоматски секвенца за специјална аналитичка постапка. Онлајн анализатор е уред кој автоматски ќе изврши процедура за анализа со цел да го пренесе резултатот од анализата на набљудувачот или на надворешен уред во утврдени интервали на примероци, кои може автоматски да се доставуваат до анализаторот од еден или повеќе фиксни примероци. Важен дополнителен услов е очекувањето дека може да се бара онлајн анализатор за извршување на овие функции на локација надвор од лабораторијата каде апаратот може да биде предмет на варијабилно работно опкружување. Така, сите онлајн анализатори се автоматски анализатори, но не сите автоматски анализатори се онлајн анализатори.

8.3.2.1. Онлајн филтер фотометри

Онлајн филтер фотометар е онлајн анализатор дизајниран да изврши процедури за анализа со една бранова должина. Многу од овие постапки се автоматизирани верзии на воспоставени колориметриски методи за анализа првично развиени за употреба во лабораторија. Оригиналите лабораториски

процедури обично бараат манипулација на примерокот за да се отстранат пречките и да се развијат обоени соединенија за анализа.

Фотометарот е едноставен уред кој се состои од извор на светлина и напојување со електрична енергија, селективен филтер на бранови должини или на подрачја, ќелија за мерење со фиксна должина за примерокот, влезот и фотодетекторот. Компликации при дизајнот на филтер фотометрите можат да произлезат од:

1. Потребата да се компензираат загубите кои се припишуваат на апсорпцијата, расејувањето и рефлексијата, освен од компонентите на примерокот. Главните избори вклучуваат дизајн на еден и двоен зрак и употреба на празни места и/или стандарди за да се добијат компаративни мерења на апсорпцијата или интензитетот.
2. Потребата да се автоматизира метод за одредување и примена на калибрационата равенка, која може да вклучи употреба на референтни стандарди и/или стандардни дополнувања.
3. Потребата да се автоматизираат сите барани чекори за кондиционирање и подготовка на примерокот.
4. Потребата да се избегне контаминација од претходните примероци и чекори на анализа.

Вградената едноставност на фотометриското мерење со една бранова должина за онлајн анализа може да биде повеќе од компензација од комплексноста која произлегува од автоматизацијата на чекорите за ракување со примерокот и чекорите за кондиционирање.

8.3.2.2. Онлајн спектрометри

Ако за онлајн анализа треба да се користат спектрометри со повеќе бранови должини, тие мора да понудат одредено подобрување во однос на автоматските верзии на фотометрите со една бранова должина. Бидејќи спектрофотометриското откривање и анализа се инхерентно посложени поради дополнителните бранови должини, оваа комплексност може да се изведе само ако прецизноста и точноста се значително подобрени или постои соодветно намалување на ракувањето и кондиционирањето на примерокот без значителна загуба во прецизноста и точност во споредба со фотометриски или други алтернативни методи.

Постојат значителни разлики во дизајнот меѓу производите понудени од разни производители на онлајн спектрометри, но една од најфундаменталните разлики е во апаратот кој се користи за откривање на одделни бранови должини. Системот за скенирање содржи монохроматор кој содржи селективна бранова должина монтирана на камери или на степер мотор, кој овозможува секвенцијална низа на бранови должини да се пренесува преку примерокот и на детекторот. Решетката мора физички да се движи низ серија позиции со цел да се детектира интензитетот на светлина на низа бранови должини. Алтернативен дизајн користи закривена решетка за да ги раздели информациите во дискретни интервали на бранови должини и истовремено да ги проектира информациите на низа детектори. Системот со низа детектори овозможува интензитетот на светлината да се открие во низа бранови должини без да се движат делови во системот за детекција. Информациите од која било, некои или сите автоматски детектирани бранови должини, може да се користат за анализа, како што е диктирано од специјалниот аналитички метод.

8.4. Апликации за анализа на води и отпадни води

Употребата на онлајн анализатор за откривање на која било супстанција во вода или отпадни води подразбира повеќе од едноставна љубопитност во врска со составот на примерокот. Ако љубопитноста за составот на примерокот е единственото прашање, примерок анализиран во лабораторија би бил доволен. Онлајн анализите се изведуваат затоа што постои постојана потреба за нови информации во врска со присуството и концентрацијата на одредена компонента во примерокот што се добива од одредена точка на примерокот. Употребата на онлајн анализа подразбира дека локацијата, времето и фреквенцијата на анализата се важни фактори кои ја оправдуваат употребата на специјален апарат кој е посветен на задачата за автоматско откривање и мерење на одредена целна компонента во редовни интервали.

Главната причина за онлајн анализа во вода или отпадни води е за следење, каде што целта е да се осигура дека одредена минимална концентрација на посакуваната компонента е присутна или не е надмината некоја максимална концентрација за несаканата компонента. Овие задачи за следење често бараат од анализаторот да иницира алармен сигнал при откривање на некоја минимална или максимална концентрација за целната компонента и може, исто така, да бараат информациите да бидат пренесени на надворешен уред,

така што може да се сними запис за вредноста на концентрацијата во секој мерен интервал.

Друга главна причина за онлајн анализа во вода или отпадни води е за управување, каде што целта е да се обезбедат информации во врска со концентрацијата на варијабилна компонента, со цел автоматски да се обезбеди алгоритам за управување со сигурни податоци кои можат да се користат за контрола на процесот (Ова не значи дека анализаторот, всушност, ги извршува контролните задачи, иако анализаторот може да биде дел од интегриран систем за контрола).

Дали апликацијата е за мониторинг или за управување, користењето на онлајн анализа овозможува примерокот да биде веднаш анализиран на или во близина на точката на екстракција, така што резултатите од анализата може веднаш да бидат достапни. Терминот веднаш е релативен израз. Некои фотометриски анализатори може да работат непрекинато, но во практична смисла, мерењето на апсорпцијата и пресметката на концентрацијата на компонентите е настан кој бара одреден конечен временски интервал за постигнување. Така, дури и најбрзиот метод на примарна анализа, направена со мерења на апсорпција на светлина направени на самото место, ќе биде дисконтинуиран настан. Ако анализата се изведува на примерок кој се доставува до анализаторот преку линија за примерокот, ќе биде потребно време да се испланира линијата за да се обезбеди дека е достапен најсвежиот примерок за анализа. Ако матрицата на примерокот е сложена, пред анализата може да биде потребен вид на обработка на примерокот. Таа работа ќе наметне временска казна за циклусот на анализа што ќе го ограничи временскиот период помеѓу интервалот на анализа. Ако мора да се користат методите за секундарна анализа, може да се бара дополнително време за кондиционирање примероци, дополнување на реагенсот и хемиски реакции пред спектарот да биде достапен за откривање.

8.4.1. Примарни параметри за анализа

Најуспешните методи на примарна анализа неопходно ќе бидат процедури со повеќе бранови должини. Иако методите со една бранова должина се можни, тие бараат целна компонента која има значителна природна апсорпција во матрица која нуди мали или никакви пречки од други апсорбирачки компоненти. Тоа се гледа ретко во природата, иако е возможно. Подземните

води, на пример, може да содржат компонента со силна природна апсорпција, како што се железото или нитратот, а, исто така, содржат и други компоненти, како што се калциум и магнезиум, кои придонесуваат за хемијата во заднината на матрицата на примерокот, но не придонесуваат за апсорпција на заднината во опсегот на УВ или видливи бранови должини. Иако методите со една бранова должина може успешно да ги анализираат нитратот или железото во водата, ако се присутни и нитрати и железо, методот со една бранова должина можеби нема да биде успешен за анализа ниту на нитрати ниту на железо. Методите со единечна бранова должина најчесто се користат за откривање неспецифични параметри каде апсорпцијата, пропустливоста или интензитетот на светлината се значајни вредности. Пример е заматеноста, при што количеството светлина што се пренесува преку примерокот (измерено со скала на единица за заматување на Џексон) е мерка за загуби на трансмисивна светлина што се припишуваат на присуството на растворени честици, без оглед на специфичниот идентитет на материјата. Други примери се мерењето на апсорпцијата на 254 nm како неспецифична мерка на органската материја и мерењето на апсорпцијата на светлина на избраната бранова должина за мерење на бојата.

Покрај тоа, постојат некои докази дека, под одредени услови, мерењата на апсорпција или трансмисија во опсегот на УВ-бранови должини (главно на 254 nm) може да се користат за мерење на вкупниот органски јаглерод (ТОС) или дури и хемиската побарувачка на кислород (COD). Тоа едноставно не е точно, ТОС или COD мерењата се резултат на многу специфична процедура која не е удвојува со директни мерења на УВ-апсорпцијата. Точно е дека некои (но не сите) органски супстанции ќе апсорбираат светлина во опсегот на УВ. Меѓу органските супстанции кои апсорбираат во опсегот на УВ, идентични концентрации на различни органски супстанции ќе имаат различни интензитети на апсорпција на 254 nm или која било друга индивидуална бранова должина што се користи за анализа. Така, освен ако апликацијата не е таква што односот помеѓу органските супстанции за апсорпција на УВ и вкупните органски супстанции во точката на примерокот е стабилен, УВ-апсорпцијата нема да обезбеди добра корелација со ТОС или COD. Ако се присутни неапсорбирачки органски супстанции, како што се алкохол, метанол, етанол, гликол или други слични супстанции, употребата на УВ-апсорпција како сурогат за анализа на ТОС или COD може да резултира со значителна неточност.

ТАБЕЛА 11: Параметри на примарна анализа во вода и отпадна вода

Апсорпција, специфична бранова должина	Аскорбинска киселина
Хлор, слободен	Хром, шествалентен
Боја	Бакар II
Флуорид	Фолна киселина
Хумана киселина	Железо, Железни
Молибдат	Монохлорамин
Никел	Природна органска материја (НОМ)
Нитрат	Нитрит
Озон	Перманганат
Полиакрилат	Сулфит
Танска киселина	Пренесување, специфична бранова должина
Триазол	Заматеност

Табела 11 презентира листа на параметри кои се анализираат со помош на методите на примарна анализа базирани на преглед на литературата објавена од водечките производители на онлајн фотометри и спектрометри. Сите наведени хемиски супстанции се растворени фракции како што се наоѓаат во примерокот презентираан за анализа (Ако се бара дигестија, ацидификација, приспособување на рН или филтрација, параметарот ќе се наведе како параметар за секундарна анализа).

ТАБЕЛА 12: Параметри и методи на секундарна анализа за вода и отпадни води

Параметар	Подготовка на примерокот	Реагенси	Откривање
Алуминиум	-	Пирокатехол виолетова	Боја 570
Арсен	-	Ериохром цијанин-Р	Боја 535
Амонијак	-	Хлор, салицилат	Боја 660
Амонијак, слободен	-	Хлор, хидроксид	УВ 220 □ 450
Калциум	Дијализа	8-хидроксихинолин, крезолфталеин	Боја 580
Карбонат	-	Киселина, рН индикатор	Боја 550
Хлорид	-	Тиоцијанат, железо железо	Боја 490
Хлор, вкупно	-	N, N-диетил-р-фенилендиамин	Боја 530
Хром VI	-	Киселина, дипинилкарбазид	Боја 550
Кобалт	-	Киселина, нитрозо-Р	Боја 500
Бакар	-	Бакарно сулфатна киселина, аскорбинска киселина	Боја 480
Цијанид (вкупно)	Дигестија	Хлорамин-Т, изо-никотински киселина	Боја 600
Цијанид (слободен)	Дестилација	Хлорамин-Т	Боја 600
Етанол	-	НАД, алкохол дехидрогеназа	УВ 340
Формалдехид	-	Амониум ацетат, ацетил ацетон	УВ 410
Цврстина (вкупно)	-	ЕДТА, смири	Боја 520,669
Хидразин	-	Киселина, р-диметил-аминобензалдехид	Боја 460
Водород сулфид	-	Карбоксиметилцелулоза, цинк хлорид	Боја 660
Железо II	-	Хидроксиламониум хлорид	Боја 590
Магнезиум	Дијализа	Боја реагенс	Боја 505
Манган	-	Натриум периодираат, леукомалахит	Боја 620
Метанол	Дијализа	Киселина, перманганат, ацетилацетон	УВ 410
Нитрат	Дијализа	Хидразиниум сулфат, сулфаниламид, азо	Боја 540
Азот	Дигестија	Хидразиниум сулфат, сулфаниламид, азо	Боја 540
Нитрит	-	Хидразиниум сулфат, азо	Боја 540
Фенол, слободен	-	Ферицијанид, 4-амеонтипирин	Боја 505
Фенол, орто	Дестилација	Ферицијанид, 4-амеонтипирин	Боја 505
Фосфат, вкупно	-	Молибдат, антимоно, аскорбинска киселина	NIR 880
Фосфат, орто	-	Молибдофосфорна киселина, ванадат	Боја 420
Силика	-	Силикадолбат, хетерополи сина	Боја 452
Силикат	-	Амониум молибдат, аскорбинска киселина	NIR 810
Уреа	-	Киселина, диацетилмоноксим	Боја 520
Цинк	-	Бафер, циркон, цијанид, хлоралхидрат	Боја 600

8.4.2. Параметри за секундарна анализа

Поголемиот дел од фотометриските и спектрофотометриските методи кои се користат за онлајн хемиска анализа во вода и отпадни води се класифицирани како секундарни методи на анализа. Табела 12 покажува листа на параметри достапни за анализа од страна на водечките производители на онлајн фотометри и спектрометри. Табелата ги идентификува главните реагенси и опсегот на откривање или одредена бранова должина што се користи за анализа. Една постапка која не е наведена, но се здобива со популарност, користи онлајн фотометрија како дел од автоматска постапка на титрација за анализа на алкалност. Клучните аспекти на постапката за титрирање се додавање индикаторски решенија проследени со титрант, што резултира со промена на бојата во примерокот што може да ги идентификува крајните точки за хидроксид, карбонат и бикарбонат алкалност.

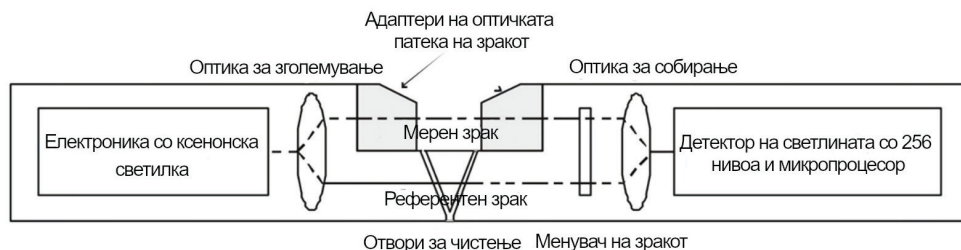
8.5. Повеќепараметарски системи

Автоматски фотометриски системи кои детектираат информации на една специфична бранова должина обично се користат за да се анализира еден специфичен параметар. Меѓутоа, системите за скенирање или низа од спектрометри може да се користат за откривање на повеќе параметри, понекогаш со користење комбинација од примарни и секундарни методи на анализа. Вистинските методи не се значително различни дали се применуваат индивидуално или последователно со други методи. Кога се користи за анализа на повеќе параметри, онлајн анализаторот мора да биде дизајниран за да се избегне контаминација на примероците и апаратите што се користат за секоја последователна анализа.

8.5.1. Практична примена на UV/Vis спектрометарот

Потопен UV/Vis спектрометар е спектрометриска сонда со дијаметар од 44 mm и должина од околу 0,6 m. Таа го евидентира слабеењето на светлината во регионот на бранова должина помеѓу 200 и 750 nm и го прикажува и/или комуницира со резултатот во реално време. Мерењето се одвива директно на самото место без примероци или подготовка на примерок. Едно мерење типично трае околу 15 секунди. Инструментот е опремен со систем за автоматско чистење со воздух под притисок. Поради компактната големина сензорот лесно може да се нанесува во отвори од 50 mm, на пример, за мо-

ниторинг на подземните води. Подобрена и поотпорна верзија се користи за примена во канализација.



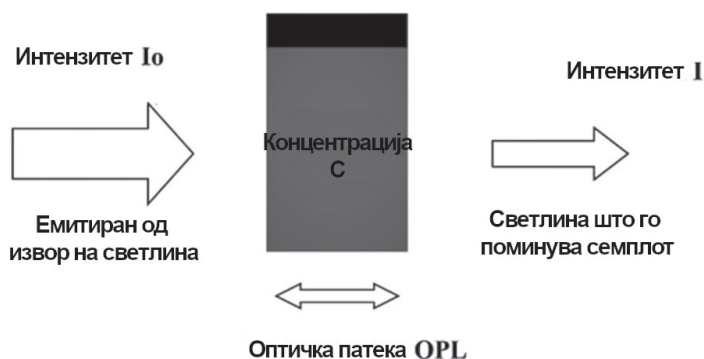
СЛИКА 76: UV/Vis потопен спектрометар [10]

Инструментот е со 2 зрака 256 пиксели UV/Vis спектрометар, со ксенонска светилка како извор на светлина. Вградената електроника управува со вкупната процедура на мерење. Целата електроника на контролерот е сместена во алуминиумското цевно куќиште од 44 mm и вклучува логер на податоци и мерач за ниво на вода. Комуникацијата се изведува преку RS232 или RS485 поврзување. Напојувањето може да биде со AC 220 V/50 Hz или DC 12-24 V, соодветно. Ниската потрошувачка на енергија ја олеснува примената на терен со помош на батерија или соларно напојување. Сондата има вграден логер на податоци, способен да го чува, на пример, комплетниот апсорпциски спектар од 1 месец, со интервал на мерење од 30 минути. Должината на патеката може да се приспособи од 2 до 100 mm. Со тоа се отвора широк спектар на примена од ултрачисти води ($\text{DOC} > 10 \mu\text{g/l}$) до концентрирани отпадни води со COD од неколку 1000 mg/l. Обично должина на патот од 5 mm се користи за отпадни води. Методите за спектрометриски мерења се дефинирани за единечни супстанции (на пр., нитрати, нитрити, бензен, ксилен, толуен), како и за сурогатните параметри (SAC, заматеност/суспендирани материји, CODeq, TOCeq, DOCeq).

Највлијателен параметар врз апсорбцијата при онлајн мерењето е заматеноста. Заматеноста поради суспендираната материја предизвикува расфрлање светлина, засенчување и на тој начин влијае на апсорпцијата во рангот на целиот спектар, додека другите супстанции апсорбираат светлина само во ограничен регион на бранови должини. Добро е познато дека обликот на спектрумот предизвикан од суспендирани цврсти тела зависи од брановата должина со фактор I^x , каде што x зависи од дијаметарот на честичите. Затоа, за компензација на заматеност е развиена математичка равенка која го опишува одно-

сот помеѓу интензитетот на распрснување и брановата должина како функција на дијаметарот на честиците. Функцијата за компензација на заматеност го користи оригиналниот спектар и проценува два параметра на функцијата за заматеност. Компензацијата за заматеност има две задачи: мерење на заматеност/суспендирана цврста материја и основна компензација за мерење растворени супстанции. Резултатите од надоместокот за заматеност покажаа дека се многу чувствителни на почетните вредности на овие параметри.

Главната предност на сондата е тоа што се применува директно во процесот. Така, мерните грешки поради земање примероци, транспорт, складирање, разредување итн. не се релевантни. Широкиот спектар на достапни бранови должини овозможува голема флексибилност за избор на најдобрите корелирани бранови должини за функцијата за калибрација и за избегнување на вкрстените чувствителности. Тоа е предност во споредба со системите, кои обезбедуваат мерења на апсорпција само на една или на две бранови должини. УВ-спектроскопија се користи со децении за анализа на површинските води. Во областа на анализата на отпадни води постои силна корелација помеѓу спектралната апсорпција и COD на комуналните отпадни води од истекот од пречистителна станица за комунални отпадни води. Испитувањата понатаму откриваа дека корелацијата е специфична за локацијата на мерење: Во сите испитувани постројки е добиен висок коефициент на одредување ($0,84 \leq R^2 \leq 0,91$), но за секоја мерна локација се пресметани различни функции на корелација. Се покажа дека секоја мерна локација ја покажува својата специфична шема на апсорпција, особено во случај во пречистителните станици за отпадна вода, исто така, да се влева и индустриска отпадна вода. Мерењето на апсорпцијата на UV/Vis е индиректен метод за одредување органски отпадни состојки во водите (слика 77), кој се дефинира преку функцијата на апсорпција.



СЛИКА 77: Апсорпција на UV/Vis уред [10]

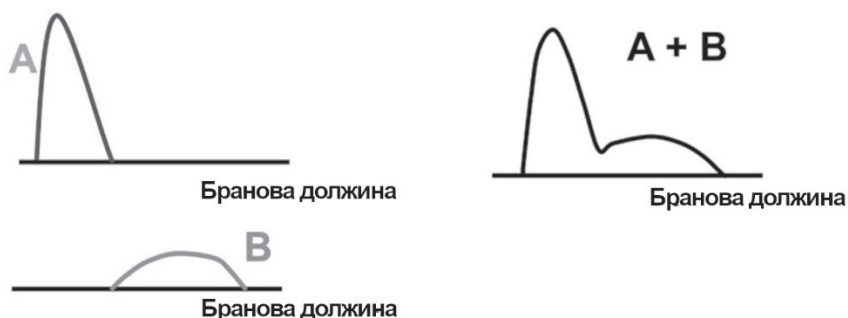
Апсорпцијата на UV/Vis се мери со помош на:

$$\text{Апсорбанса } A = -\log(I / I_0) = \epsilon \cdot C \cdot OPL$$

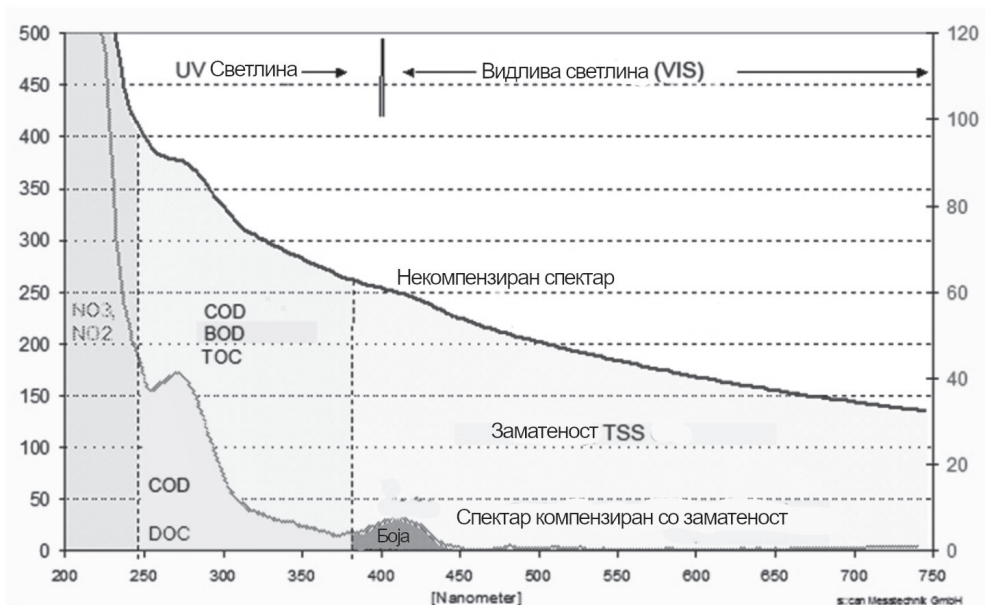
Спектрометарските сонди ги мерат I и I_0

- I / I_0 се нарекува трансмисивност [%]
- Оптичка патека должина OPL е позната
- Глобалните калибрации содржат коефициент на истребување ϵ
- Концентрацијата на супстанцијата C може да се предвиди

Единствениот предуслов за мерење на растворените супстанции е апсорпција на UV/Vis зрачењето. Спектрометриските сонди можат да ги идентификуваат спектрите на апсорпција на две или повеќе комбинирани супстанции, како што е прикажано на слика 78. Мерената апсорпција е прикажана со користење комбинирани спектри на апсорпција наречени отпечаток од прст (слика 79), од кои лесно може да се идентификува која апсорпција на супстанцијата покажува на спектрите на бранова должина на измерениот потпис на инструментот (отпечаток од прст).



СЛИКА 78: Спектри на апсорпција на UV/Vis предизвикани од две супстанции A и B [10]

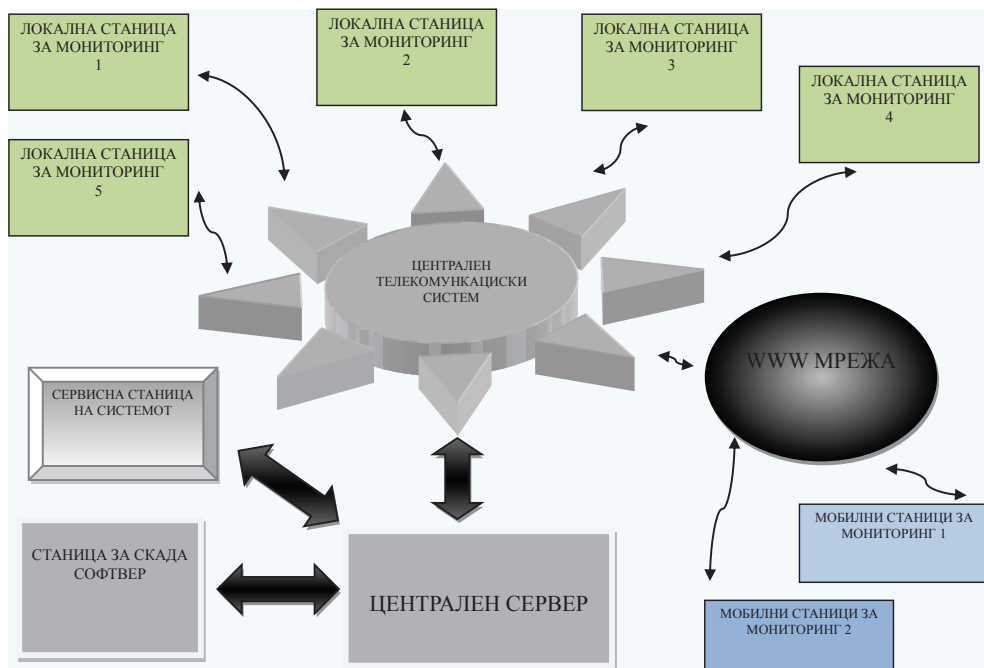


СЛИКА 79: Измерен потпис на инструментот (Отпечаток од прст) [10], (S::Can GmbH, 2008)

8.6. Пример на интегриран систем за мониторинг на вода

Интегрираните системи за мониторинг на вода во реално време се проектираат со цел далечински да се врши мониторинг на голем број на физички, хемиски и биолошки карактеристики на површинските води. Се состојат од голем број сензори, најчесто потопени во вода во која ги мерат карактеристиките, но и аналитички инструменти кои ги споредуваат измерените резултати на определен временски период со стандардните лабораториски постапки за мерење на соодветните параметри, и уреди кои на точно определен временски период земаат примероци од водата и ги складираат во согласност со лабораториските стандарди, сè додека не се транспортираат во соодветна акредитирана лабораторија, која ги потврдува измерените вредности со претходните две методи.

Структурата на интегрираниот систем за мониторинг е прикажана на слика 80.

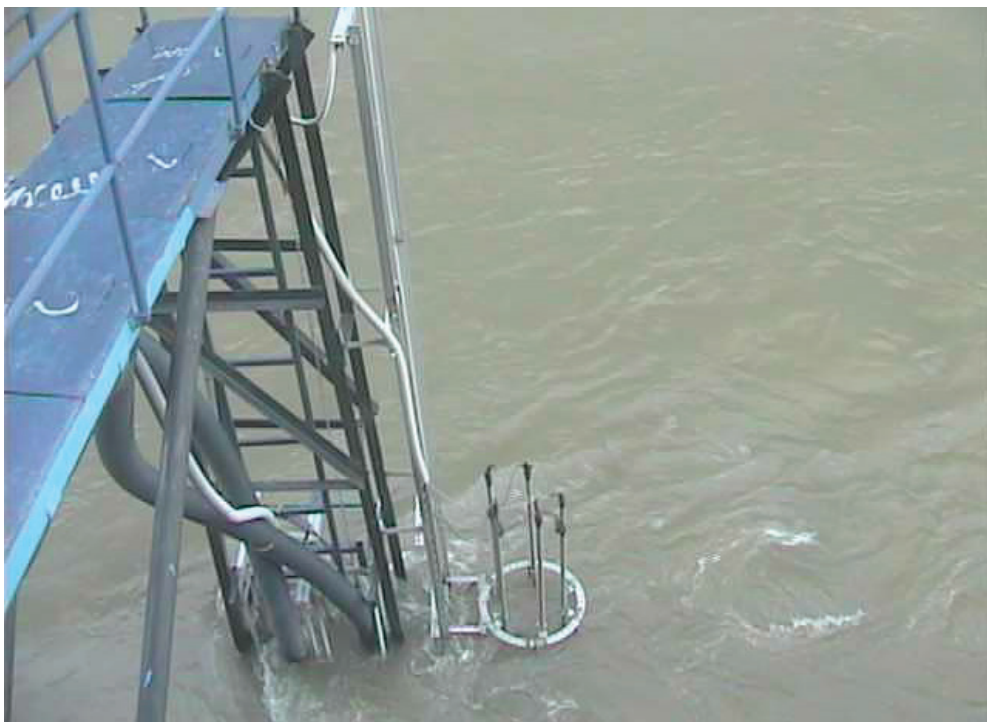


СЛИКА 80: Структурата на интегрираниот систем за мониторинг [9]

Интегрираната станица за мониторинг е базирана на напредни технологии за телемониторинг, телеметрија и мрежно управување, како и мултипараметарски мерни инструменти базирани на најмалку две различни технологии на мерење, со што се постигнува контрола на квалитетот на измерените податоци и навремено реагирање кога вградените мерни уреди ќе мерат несоодветни вредности.

Локалната станица за мониторинг на површински води содржи потопени сензори за мерење на следните параметри (слика 81):

1. Растворен кислород
2. Спроводливост
3. pH
4. Заматеност
5. Температура



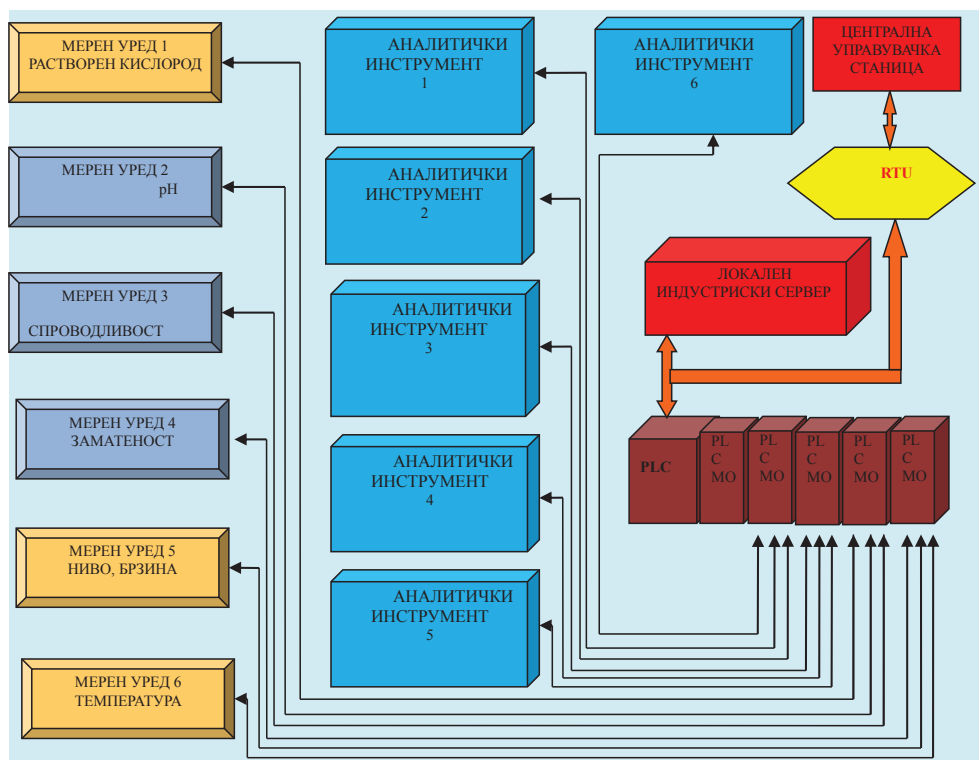
СЛИКА 81: Потопени сензори за мерење [9]

Дополнителни мерни инструменти кои ги содржи локалната мерна станица се:

1. Мерач на ниво на водата
2. Мерач на брзината на водата
3. Уред за прибирање примероци
4. Температурен сензор

Мобилната станица за мониторинг се состои од спектрометарска сонда која се потопува во водата по потреба и на различни локации.

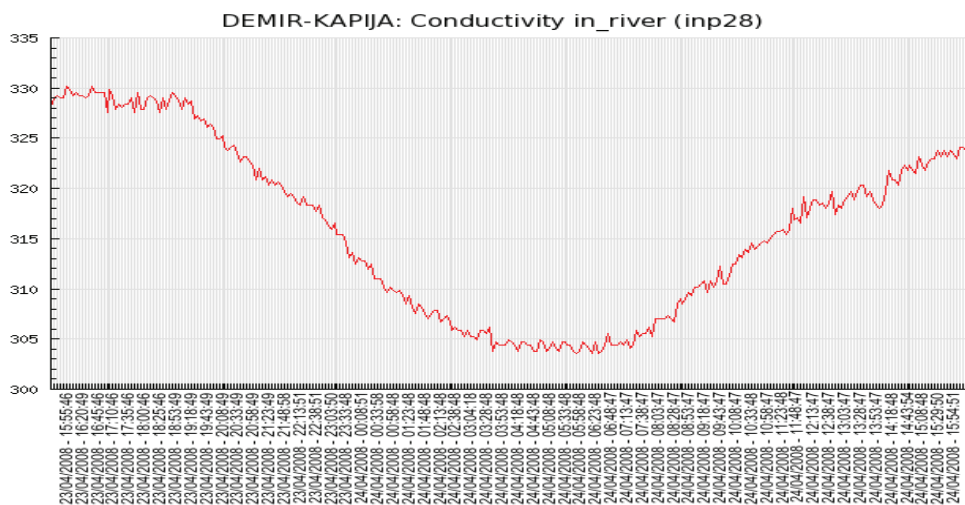
Дијаграмот на поврзување на автоматизираниот систем за мониторинг е прикажан на слика 82.



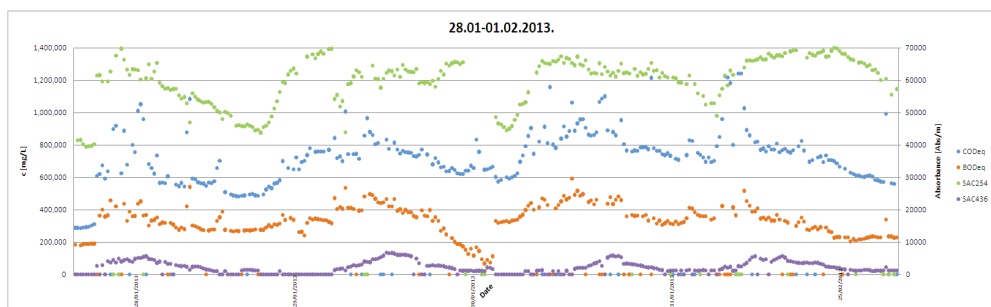
СЛИКА 82: Дијаграм на поврзување на автоматизираниот систем за мониторинг [9]

Измерените параметри се зачувуваат локално во база на податоци на локалниот индустриски сервер, но и се пренесуваат на централната управувачка станица од каде се презентираат преку СКАДА системот, на кој може да се пристапи од секој компјутер поврзан на интернет со соодветно корисничко име и лозинка. Изгледот на дијаграмите на некои од измерените параметри (спроводливост) е прикажан на слика 83.

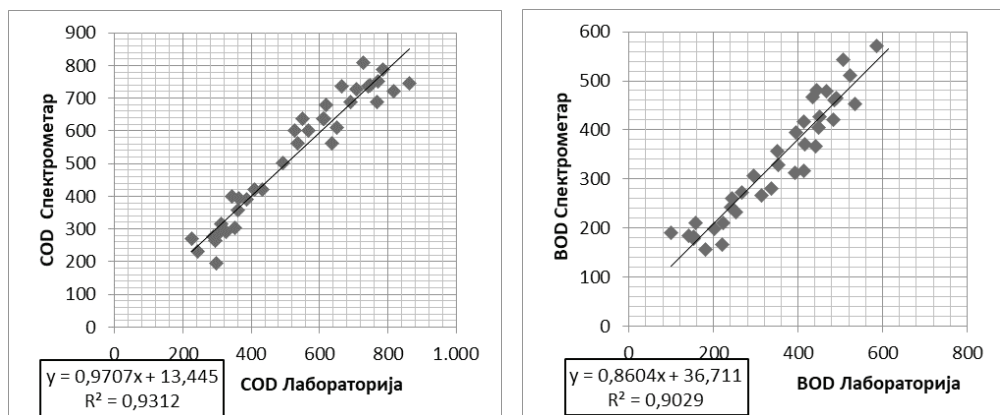
Мерењето на дополнителни параметри со помош на спектрометарската сонда се прикажани на слика 84, како и споредба на измерените резултати за два параметра со лабораториски мерења со стандардни постапки на слика 85.



СЛИКА 83: Изглед на дијаграм за една измерена променлива (спроводливост) [9]



СЛИКА 84: Изглед на дијаграм за четири измерени променливи со спектрометар кои се хемиски и биолошки параметри [12]



СЛИКА 85: Споредба на мерењата со спектрометар и лабораториски мерења [12]

Статистичката анализа на измерените вредности со спектрометарската сонда покажуваат добра корелација со лабораториски потврдените мерења (слика 85). Колку е поголема базата на измерени параметри, толку е поголем коефициентот на корелација за COD и BOD₅ кој е $R^2 = 0,931$ за COD и 0,903 за BOD₅.



БИБЛИОГРАФИЈА

1. Y.J. Kim, U. Platt, Advanced Environmental Monitoring, Springer, 2008.
2. G. B. Wiersma, Environmental Monitoring, CRC Press, 2004.
3. J.F. Artiola, I.L. Pepper, M. Brusseau, Environmental Monitoring and Characterization, Elsevier, 2004
4. F.R. Burden, D. Donnert, T. Godish, I. McKelvie, Environmental Monitoring Handbook, McGraw-Hill, 2004
5. W. Boyes, Instrumentation Reference Book, Elsevier, 2010.
6. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.
7. Закон за води на Република Македонија, „Службен весник на Р Македонија“ бр. 87/2008
8. Закон за безбедност и здравје при работа на Република Македонија, „Службен весник на Р Македонија“ бр. 92/2007
9. A. Tuneski, D. Babunski, et al. "Monitoring and Improving the Rivers in the Vardar/Axios Watershed (MIRVAX)", NATO Partnership for Peace cofinanced project, Sfp981877, 2006-2011.
10. D. Babunski, Environmental Monitoring, Course materials, prepared for DEREL TEMPUS project, 2013
11. A. Ношпал, Струјнотехнички мерења и инструменти, МБ-3, 2004
12. I. Mihajlovic, D. Babunski et al. "Comparison of Spectrolyser Device Measurements with Standard Analysis of Wastewater Samples in Novi Sad, Serbia", Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, September 2014, Volume 93, Issue 3.
13. E. Zaev, D. Babunski et al. "SCADA System for Real-time Measuring and Evaluation of River Water Quality" proceedings of MECO 2016 conference, Bar, Montenegro.
14. Fundamentals of environmental measurements: <http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/>
15. Д. Харви „Модерна аналитичка хемија“, превод, Просветно дело, 2009

