МЕЃУНАРОДЕН СЛАВЈАНСКИ УНИВЕРЗИТЕТ

ФАКУЛТЕТ ЗА ТЕХНИЧКИ НАУКИ И ИНФОРМАТИКА
НАСОКА: **Софтверски технологии**

МАГИСТЕРСКА РАБОТА

Сензорски системи за мерење на квалитет на вода за мониторинг на реки и езера

Ментор:
Проф. Д-р. Марјан Стевановски

Изработил:
Александар Петров

Јуни, 2025
Св. Николе

СОДРЖИНА

Вовед ---------- 2

1. Видови сензори за мерење на квалитет на вода ---------- (2)

2. Зошто е важен мониторинг за квалитетот на водите? ---------- (5)

3. Типичен систем за мониторинг на речни текови ---------- (17)

4. Обезбедување на квалитет ---------- (30)

5. Индекс на квалитет на вода ---------- (45)

6. Апликации за мониторинг на квалитет на вода ---------- (51)

7. Практично истражување ---------- (74)

Заклучно согледување ---------- (99)

Користена литература ---------- (101)

Вовед

Со зголемената загриженост за квалитетот на водните тела, следењето на квалитетот на водата стана клучно. Речните и поточните екосистеми играат витална улога во поддршка на биолошка разновидност и обезбедување чиста вода за заедниците. За да се обезбеди нивно континуирано здравје, важно е да се следи и одржува квалитетот на водата во овие екосистеми. Сензорите за квалитет на водата се појавија како основни алатки за оваа намена.

Какво е значењето на сензорите за квалитет на водата во следење на реки и потоци и кои се нивни придобивки?

Разбирање на сензорите за квалитет на вода

Сензорите за квалитет на водата се уреди дизајнирани да мерат различни индикатори за квалитетот на водата. Овие сензори собираат податоци за параметри како што се **температура**, **ниво на pH**, **растворен кислород**, **замаетност** и **спроводливост**, меѓу другото. Овие податоци помагаат во проценка на целокупното здравје на реката или потокот и им овозможуваат на властите да донесат информирани (релевантни) одлуки во врска со нејзиното управување и заштита.

Сензорите за квалитет на водата се неопходни за следење и управување со здравјето на реките и потоците. Од истражување за животната средина до студии за контрола на загадувањето и климатските промени, сензорите за квалитет на водата играат клучна улога во обезбедувањето одржливост на нашите скапоцени слатководни ресурси. Континуираниот напредок во технологијата на сензори дополнително ќе ја подобри нашата способност за следење и зачувување на виталните екосистеми на реките и потоците.

1. Видови сензори за мерење на квалитет на вода

Сензори за температура

Температурни сензори се користат за мерење на температурата на водните тела. Промените во температурата на водата може да влијаат на однесувањето и опстанокот на водниот живот, како и на растот на микроорганизмите. Со следење на температурата на водата, научниците можат да го проценат

влијанието на климатските промени, загадувањето и другите фактори врз водните екосистеми.

pH сензори

pH сензорите ја мерат киселоста или алкалноста на водата. Овие сензори обезбедуваат витални информации за хемиската рамнотежа во реката или потокот. Различни видови на водни животни имаат различни pH барања за опстанок. Следењето на pH нивои помага во откривање на промени предизвикани од индустриски загадувачи, земјоделски истекувања или други човечки активности кои можат да им наштетат на водните организми.

Сензори за растворен кислород

Сензорите за растворен кислород ја мерат концентрацијата на кислород растворен во вода. Кислородот е од суштинско значење за опстанокот на рибите и другите водни организми. Ниските нивои на растворен кислород може да укажуваат на загадување, преоптоварување со хранливи материи или прекумерен раст на алги. Со следење на растворениот кислород, менаџерите за квалитет на водата можат да ги идентификуваат областите со несоодветно снабдување со кислород и да спроведат мерки за подобрување на целокупното здравје на екосистемот.

Сензори за заматеност

Сензорите за заматеност ја мерат заматеноста или бистрината на водата. Заматеноста е предизвикана од суспендирани честички, вклучувајќи седименти, алги или загадувачи. Високата заматеност може да ја попречи фотосинтезата кај водните растенија, да ги затне рибините жабри и да ја намали пенетрацијата на светлината. Следењето на заматеноста помага во идентификувањето на промените во бистрината на водата предизвикани од ерозија на седимент, земјоделски практики или индустриски испуштања.

Сензори за спроводливост

Сензорите за спроводливост ја мерат способноста на водата да спроведува електрицитет, што е под влијание на присуството на јони. Овие сензори помагаат во одредувањето на соленоста на водните тела. Обезбедувањето соодветни нивои на спроводливост е од клучно значење за одржување на здравјето на водните организми и за зачувување на слатководните ресурси. Проме-

ните во спроводливоста може да укажат на контаминација или промени во хемискиот состав на водата.

Примена на сензори за мерење квалитет на вода

Истражување на животната средина

Сензорите за квалитет на водата се непроценливи алатки за истражувачите на животната средина кои ги проучуваат речните и поточните екосистемите. Овие сензори им овозможуваат на научниците да соберат сеопфатни податоци за различни параметри за квалитетот на водата со текот на времето, олеснувајќи ја анализата на долгорочните трендови и влијанија врз водниот живот. Ова знаење придонесува за подобро разбирање на еколошката динамика на водните тела и помага во формулирање на ефективни стратегии за управување.

Контрола на загадувањето

Следењето на квалитетот на водата е од суштинско значење за ефикасна контрола на загадувањето. **Сензорите за квалитет на водата помагаат да се идентификуваат жариштa на загадувањето** предизвикани од индустриски испуштања, земјоделски истекувања или истекување на отпадни води. Со навремено откривање и справување со овие извори на загадување, властите можат да спречат понатамошна контаминација и да го заштитат здравјето на водните екосистеми.

Управување со извори на вода за пиење

Мониторингот на реките и потоците е клучен за управување со изворите на вода за пиење. Сензорите за квалитет на водата обезбедуваат дека водата што се снабдува од овие извори ги исполнува потребните стандарди за човечка исхрана. Континуираното следење помага да се открие каква било потенцијална контаминација и им овозможува на капацитетите за третман на вода да преземат соодветни мерки за да се осигура безбедноста на водоснабдувањето.

Еколошка реставрација

Во деградирани екосистеми на реки и потоци, сензорите за квалитетот на водата играат витална улога во насочувањето на напорите за еколошка обнова. Со следење на клучни параметри, како што се нивои на растворен кислород или заматеност, експертите (лекарите) за реставрација можат да го проценат успехот на мерките за реставрација и да ги направат потребните прилагоду-

вања. Ова помага во подобрување на здравјето на екосистемот, промовирање на обновување на живеалиштата и поддршка на зачувувањето на биолошката разновидност.

Истражување за климатските промени

Сензорите за квалитет на водата **се клучни во проучувањето** на влијанијата на климатските промени врз речните и поточните екосистемите. Со **следење на температурата**, **нивото на pH** и **други параметри**, научниците можат да идентификуваат долгорочни промени и да утврдат дали овие промени се во корелација со климатските модели. Овие информации се клучни за разбирање како климатските промени влијаат на водните екосистеми и планирање соодветни стратегии за адаптација.



2. Зошто е важен мониторинг за квалитетот на водите?

Без вода, не би можел да постои живот, а многу суштински и несуштински човечки активности не би биле можни без употреба на здрави сливови. Истите овие активности можат да влијаат на сливовите, и на големи и на мали начини. Сливовите често ги опфаќаат политичките и културните граници: додека соседите разделени по градски, државни или национални граници можеби не живеат според истите правни и културни насоки како едни со други, заедно би можеле да бидат граѓани на ист слив. Со оваа мерка, обезбедувањето на здравјето на сливот - или на езерата, потоците и реките во него - е одговорност за нашите сограѓани колку што е одговорност и за нашата локална, државна или федерална агенција за регулирање. Поради истата причина, регулативите за квалитетот на водата сé повеќе се фокусираат на нивото на сливот наместо да се утврдуваат со политички граници.

Потоците и реките нудат надземен поглед на здравјето и хидрологијата на сливот и функционираат како витален ресурс за човековата активност, како и живеалиште за мноштво животни и растенија. Само во САД, има над **3,5** милиони милји потоци и реки кои течат низ многу различни пејзажи. И покрај ова широко распространето потпирање на водните патишта, Агенцијата за заштита на животната средина на САД откри дека повеќе од половина од потоци и реки во САД се во лоша биолошка состојба. Ако некој поток или река може да бидат погодени од нашиот проект, **од витално значење е да се воспостави соодветен систем за мониторинг** за да се осигури дека хидрологијата и квалитетот на водата на водниот пат се засегнати колку што е можно помалку, и за да може да се ублажи секое влијание доколку се открие.



Управување (менаџирање) со потоци и реки

Слично **како артериите и вените во телото, потоци и реки пумпаат непроценлива крв** - односно свежа вода - низ пејзажот. Во САД, управувањето со овие текови и, навистина, со сите водни тела, се фокусира на одржување и проширување на постојните резерви на слатка вода за да биде во тек со расте-

чката побарувачка. Оваа побарувачка е поттикната од различни намени, категоризирани нашироко од Геолошкиот институт на САД како комерцијални, домашни, индустриски, наводнување, сточарство, рударство, јавно снабдување и термоелектрична енергија. Иако не сите од овие намени може да потекнуваат директно од поток или река, водата потребна за секоја речиси сигурно ќе поминела низ проточен воден пат во одреден момент.

Системи за мониторинг може да се воспостават во потоци и реки поради различни причини како употреба на водата наведени погоре, но нашата апликација најверојатно ќе падне во една од двете широки категории: истражувачка или практична. Истражувачките апликации вклучуваат системи дизајнирани да проучуваат еден или повеќе аспекти на хидрологијата на потокот и реката или квалитетот на водата, дали да се едуцираат или да се обезбеди подобро разбирање на влијанието на човекот, употребата на животните, квалитетот на живеалиштата итн. Практичните апликации вклучуваат системи дизајнирани да го следат влијанието од нашиот сопствен проект, или можеби проект на клиент. Ова може да бара следење на заматеноста за време на проект со багерирање, стапки на испуштање и проток во мрестилиште за риби или оптоварување со хранливи материи во близина на земјоделска операција, меѓу другото.

Без оглед на природата на нашата апликација, треба да се стремиме да развиеме стратегија за следење која обезбедува брзи повратни информации, дозволувајќи им на вклучените страни, доколку е потребно, да одговорат на потенцијалните прашања пред да прераснат во поголеми проблеми. Пред да започнеме кој било проект, треба да ги разгледаме сите регулативи што може да ги воспостават регионалните и федералните агенции, како и нашите сопствени клиенти или засегнати страни. USACE препорачува:

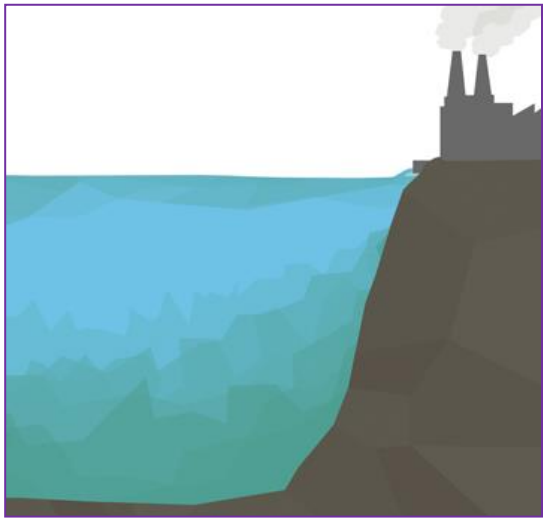
- изготвување сеопфатен план за мониторинг кој вклучува **опрема** и **техники за користење**,
- протоколи за земање примероци,
- каде да се постават уредите за земање примероци, и
- детали за тоа како да се толкуваат податоците од мониторингот.

Понатаму, насоките сугерираат создавање на план за управување кој ги опишува конкретните активности што треба да се преземат врз основа на резу-

лтатите од мониторингот. Најбрзи и најефикасни одговори на управување се остварливи со податоци во реално време.

Заеднички грижи

Широк спектар на хидролошки феномени може да се манифестираат во потоци и реки, секоја сложена и, во многу случаи, се испреплетени една со друга. Менаџерите со природни ресурси одговорни за одржување на водните патишта можеби ќе треба внимателно да внимаваат на некои или на сите овие појави, додека конкретните проекти за мониторинг може да имаат за цел само да набљудуваат одреден ефект на еден од нив. Дури и ако нашата апликација бара само следење на еден параметар или процес, разбирањето како тој процес влијае на другите и се вклопува во целокупното здравје на реката, ќе ја подобри нашата способност да анализираме податоци и соодветно да реагираме.



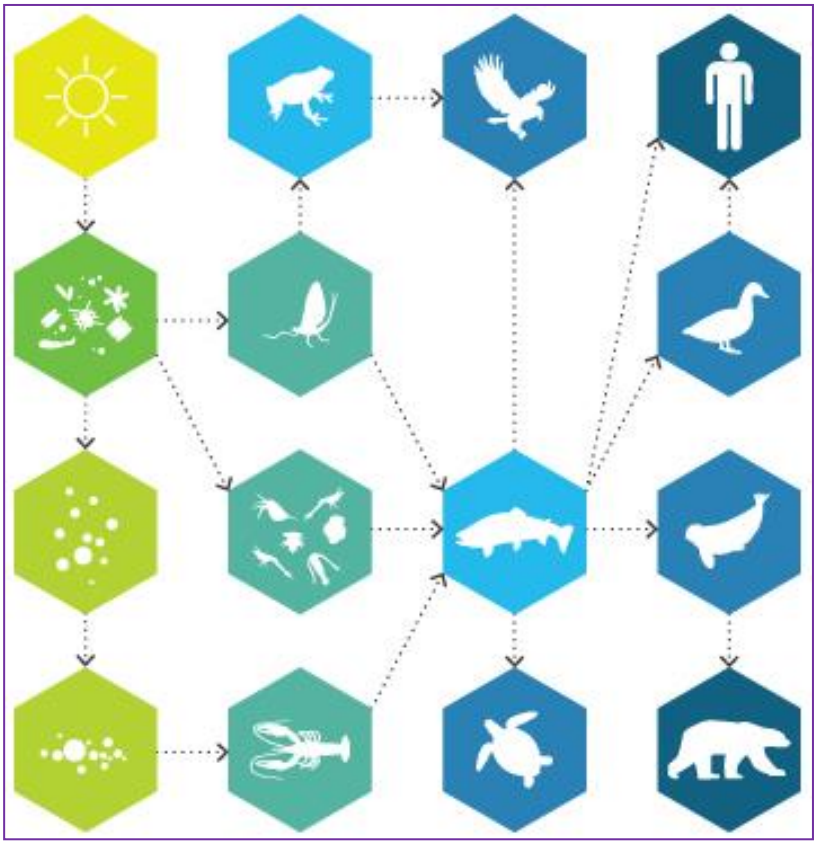
Загадување со хранливи материи

Контаминацијата од кој било надворешен извор може да предизвика проблеми за потоците и реките, но изворите кои го дебалансираат нивото на хранливи материи во водата често имаат особено далекусежни ефекти. Вообичаени извори на загадување со хранливи материи вклучуваат **земјоделски операции**, **канализација** и **индустриски отпад**. Истражување на EPA од 2009 година во САД покажа дека **40%** од потоци и реки во САД страдаат од прекумерно ниво на **фосфор**, додека 27 отсто имаат високо ниво на **азот**. Вишокот на хранливи материи може да го оштети квалитетот на водата на повеќе начини, од кои многу се меѓусебно поврзани. Високата содржина на хранливи материи може да поттикне прекумерен раст на растенија и алги, **намалувајќи ја содр-**

жината на растворен кислород во водата и предизвикувајќи **стрес кај рибите** и **безрбетниците**. Под соодветни услови, загадувањето со хранливи материи може да доведе до **еутрофикација**.

Цветање на алги

Цветањето на алгите не треба да се смета за инхерентно штетно за квалитетот на водата во воден тек. Всушност, алгите се важен дел од поточните и речните екосистеми. **Алгите ја оксигенираат водата**, **ја претвораат неорганската материја во органска материја** и делуваат како **основа на синџирот на исхрана на водниот пат**. Реките кои бавно се движат се многу поподложни на цветање на алги отколку оние со **висок проток**. Во овие реки, цветањето може да се случи во редовни интервали, обично секое лето, кога температурата, сончевата светлина и малата брзина на ветерот обезбедуваат идеални услови за раст.



Оптоварувањето со хранливи материи е примарна детерминанта за раст на алги во реките, и затоа е од витално значење да се следат нивои на хранливи материи - особено **фосфор** и **нитрати** - во реките кои покажуваат прекумерно изобилство или недостаток на алги. **Температурата на водата**, **зама-**

теноста и конкуренција од други растенија и животни, исто така, можат да влијаат на растот на алгите. Високото ниво на алги може да придонесе за **еутрофикација**, **заматеност** и **хипоксија** во реките. Бидејќи многу цветања од алги се формираат на површината на реката, најголемиот дел од мониторингот може да се врши само со видување, иако набљудувањето од воздух може да биде корисно за особено големи реки.

Заматеност и талог (седиментација)

Заматеност е мерење на бистрина на вода. **Заматеноста** може да биде под влијание на голем број фактори присутни во водните тела, вклучувајќи го и присуството на **кал**, **тиња**, **алги** или **хемикалии во водата**. Индустриските активности, како што се **рударство**, **сеча на дрва** и - можеби најчесто – **багерирање**, често придонесуваат за ниво на заматеност во потоци и реки.

Заматеноста е тесно поврзана со протокот и треба да се мери во близина на местата за мерење на проток кога е можно. Заматеноста често варира во зависност од годишните времиња, бидејќи мразот и снегот драстично влијаат на протокот и присуството на талог што може да ја замати водата. Реките покриени со мраз во текот на зимата обично покажуваат многу мала заматеност, но ќе развијат високи нивои на заматеност по пролетното топење на снегот, бидејќи калта и нечистотијата се мијат во водата. Растот на алги и други организми во лето може да предизвика и заматеност.



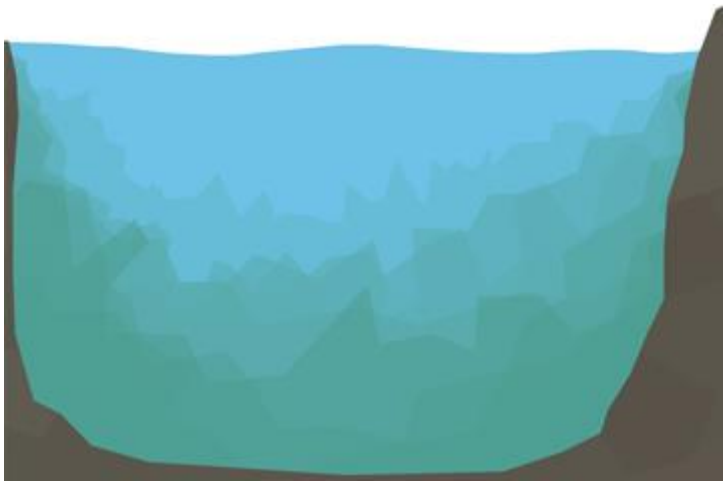
Значењето на заматеноста во воден тек зависи од сезоната, морфологијата на каналот и екосистемот внатре. Високо заматените води **го спречуваат преминувањето на светлината неопходна за раст на растенијата**, што исто така може да ја намали опстанокот на другите организми кои се потпираат на растенија за храна. Заматеност поврзана со алги често се поврзува со **еутрофикација** и **хипоксија**. Многу висока заматеност всушност **може да предизвика задушување на рибите и другите организми**, **да влијае на нивната**

способност да ловат плен, па дури и **да ги закопаат рибините јајца во коритото**. Честичките одговорни за заматеност може да носат бактерии или други загадувачи кои можат да му наштетат на квалитетот на водата. **Редовното следење на заматеноста може да помогне да се открие рана ерозија**.

Еутрофикација

Кога обрасните цветови на алги умираат и се распаѓаат, зголемените оптоварувања на органска материја - и организми одговорни за распаѓање - го трошат достапниот кислород во водата, предизвикувајќи формирање на **хипоксични** "**мртви зони**". Овие мртви зони го намалуваат просторот за живеење во реката и може да ја зголемат конкуренцијата и да убијат други организми, како што се **рибите**. Процесот е природен во повеќето водни тела, но антропогената активност, како што е ѓубрењето во земјоделството, може да го забрза.

Додека еутрофикацијата е главно функција на оптоварување со хранливи материи, **температурата** може да има големо влијание врз феноменот. Повисока температура може да го зголеми производството на **биомаса**, па затоа придонесува за вкупната стапка на трошење на кислородот. Потоците и реките се помалку ранливи на еутрофикација од стоечките води како што се езерата и барите, бидејќи турбуленциите и течението го спречуваат појавувањето на **стратификација**, но тие во никој случај не се имуни на феноменот.



Мерење на проток

Додека потоците и реките може да се следат за многу квалитети и параметри што ги споделуваат со езерата и басените, тие поседуваат еден ква-

литет што ги издвојува од другите слатководни тела: **движењето**. Текот на потокот е клучен параметар кој влијае на многу други аспекти на хидрологијата и квалитетот на водата на реката. Иако овие други аспекти може да бидат исто толку витални за здравјето на реката - или исто толку применливи за нашиот конкретен проект - тие може да се споделат со други видови водни тела.

Протокот на потокот е мерење на количината на вода што тече низ поток или река во одреден временски период. Протокот на потокот не може да се мери директно, да речеме, со потопување инструмент во река. Наместо тоа, тој мора да се пресмета во процес познат како мерење на потокот. USGS го прави ова од 1889 година, кога го воспостави својот прв мерач на потокот на реката Рио Гранде во Ново Мексико за да утврди колку вода е достапна за наводнување додека нацијата се шириле кон запад. Денес, USGS управува со повеќе од 7.000 мерачи на потокот низ САД, кои обезбедуваат информации за протокот на потокот што се користат широко за предвидување на поплави, управување со водите, инженерство и истражување, меѓу другите намени.

USGS го дели мерењето на потокот на процес од три чекори:

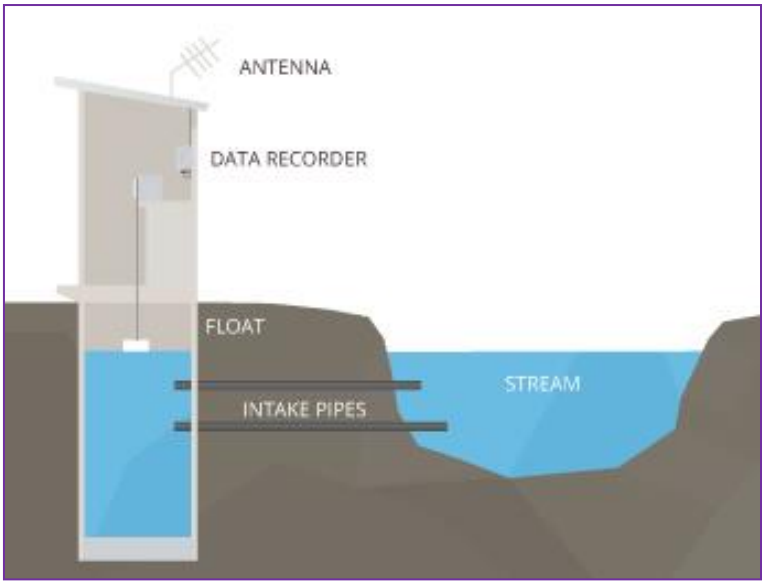
- мерење на степенот на потокот,
- мерење на истекот, и
- одредување на односот фаза-истекување.

Мерење на степенот на потокот

Првиот чекор во пресметувањето на протокот на потокот вклучува мерење на степенот, што е висината на површината на водата на одредена точка во поток или река. Степенот понекогаш е познат како висина на мерач и може да се мери на неколку начини. Меѓу најчестите од овие пристапи е бунар за смирување инсталиран на брегот на реката или прикачен на стационарна структура како што е столб или потпора на мост. Подводен довод дозволува вода да влезе во бунарот за смирување на иста надморска височина како и површината на реката. Пловец или сензор - без разлика дали е притисок, оптички или акустичен - потоа го мери степенот во бунарот. Електронски уред за снимање или логер на податоци ги снима мерењата на степенот во редовни интервали; во случајот на USGS, обично на секои 15 минути. Телеметриски систем може да

биде присутен и во бунарот за смирување, овозможувајќи **податоците да се пренесуваат од далечина до компјутер во реално време.**

Можеби не е секогаш исплатливо или просторно ефикасно да се инсталира бунар за смирување каде што е потребно мерење на потокот. Во овие случаи, степенот може да се мери со вентилиран предавател на притисок инсталиран во ПВЦ или метална цевка по должината на брегот на потокот. На локации каде што е достапен мост или надземна конструкција за монтирање на инструменти, може да се користи и бесконтактен радар или ултразвучен сензор за ниво на вода.



Степенот секогаш мора да се мери во однос на константна референтна надморска височина или податочна точка. Во зависност од времетраењето на нашиот проект, можеби ќе биде потребно рутински да се мери надморската височина на нашата структура за мерење на потокот и нејзината податочна точка, за да се осигура дека надморските височини не се поместиле поради таложење или природна ерозија.

Мерење на истекот

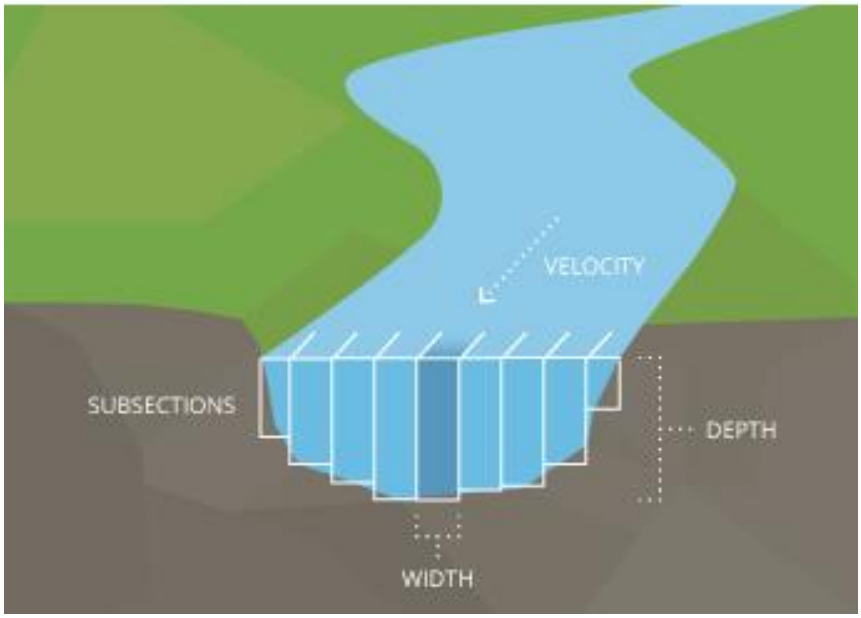
Покрај степенот, мора да се утврди и **истекот** пред да се пресметаат информациите за протокот на речното поле. Истекот е **волуменот на вода што се движи по воден пат по единица време**. Најчесто се изразува во кубни стапки во секунда или галони на ден. За да се пресмета истекот, треба да се помножи површината на водата во пресек на канал со просечната брзина на водата во тој пресек.

Накратко: **истекување = површина X брзина**

Наједноставниот начин за мерење на истекот е да се подели пресекот на каналот на вертикални правоаголни подсекции. Откако ќе се утврди површината (ширина X длабочина) на секој од овие подсекции и ќе се помножи со брзината за да се одреди истекот на подсекцијата, резултатите може да се соберат за да се пресмета вкупниот истек.

Ширината на подсекцијата најдобро се мери со лента за мерење од кабел или челик, додека длабочината може да се мери со газечка прачка во поплитки канали и со суспендирани тегови за мерење во подлабоки води. Брзината, од друга страна, треба да се мери со струен мерач. Многу струјни мерачи се потпираат на тркало формирано од неколку чаши што се вртат околу оска. Секоја револуција генерира електронски сигнал кој се брои и темпира од страна на мерачот, што се преведува во брзина на водата.

.



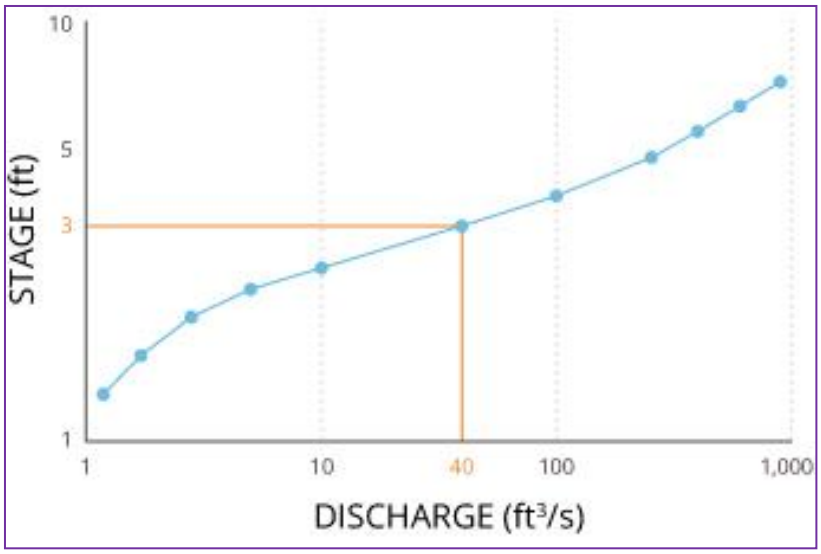
Побрз, но поскап метод за мерење на брзината вклучува употреба на акустичен доплерски струен профилер (ADCP - Acoustic Doppler Current Profiler) кој може да се монтира во мал пловен објект. ADCP испраќа пулс на звук во водата и ги мери промените во фреквенцијата на пулсот додека се враќа на инструментот. ADCP ги забрзува пресметките на празнењето со истовремено мерење на брзината и длабочината. Ширината се мери и додека ADCP монтиран на брод се движи низ каналот. Иако малку поограничени во можностите, акустич-

ните доплерски велоциметри монтирани на прачка овозможуваат извршување на слични функции додека се гази низ плитки потоци.

Одредување на односот фаза-истекување

Односот фаза-истекување, или „**оценка**“, е динамична променлива што се одредува со споредување на степенот на мерач на поток со истекот на истата точка. Точни односи фаза-истекување можат да се развијат само со мерење на истекот низ многу опсези на степени. Понатаму, каналите треба постојано да се испитуваат за промени предизвикани од ерозија, таложење на седименти, раст на вегетација и формирање мраз.

Кога истекот е утврден низ доволен број фази, односот фаза-истекување може да се визуелизира во форма на графикон. Кога овој однос правилно се одржува преку периодични ажурирања, може да обезбедат корисни информации за протокот на потокот за даден поток или река.



Решение во реално време

Спецификите на нашиот систем за следење на поток или река во голема мерка ќе зависат од барањата на нашиот проект, како и од условите на локацијата на водниот тек. И покрај тоа што секој систем за следење на потокот може да не бара целосна инсталација на проточен мерач со бунар за мирување и придружни инструменти, може да биде корисно да се разгледа што треба да вклучува таквиот систем, како што е утврдено од страна на истакнатата агенција за следење на реките: **USGS**.

Стандарди за мерење

Стандардите на USGS инсистираат на тоа дека речната фаза треба да се мери со точност од **0,01 инчи**. Ова ниво на точност може да се постигне со кој било од методите претходно опишани, со користење на **пловење во бунар за мирување**, **претворувачи на притисок** или со **радар**.

USGS наложува различни интервали на мерење врз основа на целта на мерачот на проток. На пример, **ALERT** (Автоматска локална евалуација во реално време) мерачите за проток што се користат за предупредувања за поплави пренесуваат податоци само кога нивото на водата достигнува одредена длабочина или драстично се менува во одреден интервал. Мерачите на делумна евиденција работат само за време на одредени режими на проток, што укажува на висок проток, врвен проток или низок проток, на пример. Стандардните USGS стрим мерачи мора да работат најмалку 365 дена годишно и да пренесуваат податоци преку телеметрија во интервали од 1 до 4 часа.



Мерење на квалитетот на водата

Проект за следење на поток или река, исто така, може да бара набљудување и мерење на квалитетот на водата. Во овие ситуации, се препорачува **повеќе-параметарски сонди** (multi-parameter water) за квалитет на вода.

Повеќе-параметарските сонди се разликуваат од бренд до бренд и модел до модел, но тие се обединети со неколку заеднички особини. Како што би се очекувало, повеќе-параметарските сонди обично имаат низа порти за прикачување на **спроводливост**, **температура**, **длабочина**, **pH вредност**, **растворен кислород**, **заматеност** и **сензори и сонди за нивои**. Идеално, овие сензори треба да можат да се користат на терен, надвор во реален простор. Некои сонди ќе имаат вградени сензори, оставајќи повеќе сензори слободни за дополнителни мерења. Повеќето сонди содржат внатрешна батерија и меморија за да можат да се користат долги периоди без редовно присуство. Логерот на податоци и поврзувањето со надворешното напојување овозможуваат уште подолги распоредувања, особено кога податоците се достапни во реално време преку **безжична телеметрија**.

3. Типичен систем за мониторинг на речни текови

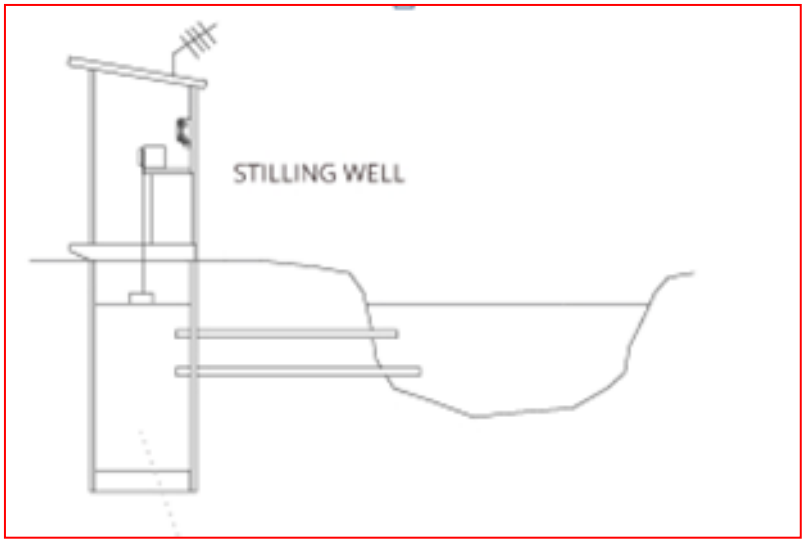
Постојат многу параметри, хидролошки и за квалитет на водата што може да се измерат во поток или река, но потребите на еден мониторинг проект може многу да се разликуваат од друг. Бројот на локации за мониторинг, нивните локации и инструментите што се користат во секоја ќе се разликуваат од проект до проект, но заедничкото решение се темели околу најмалку една локација за мерење на проток и сродни инструменти.

За да бидат ефективни, податоците од мерењето треба да се обезбедат во реално време. Најлесен и најефикасен начин да го направите ова е со **станица за мерење на река инсталирана на брегот на реката** или **стоечка структура**, како што е **столб или потпора за мост**. Мерачот за поток изграден околу бунар за мирување може да содржи други инструменти, како што се повеќе-параметарски сонди опремени со низа сензори, како и логери на податоци и телеметриски системи. Со повеќе опции за телеметрија за избор, континуирани податоци во реално време се достапни од кој било компјутер. Ова осигурува дека проектот работи непречено, а сите контролни мерки може да се спроведат веднаш доколку се надминат ограничувањата на параметрите.

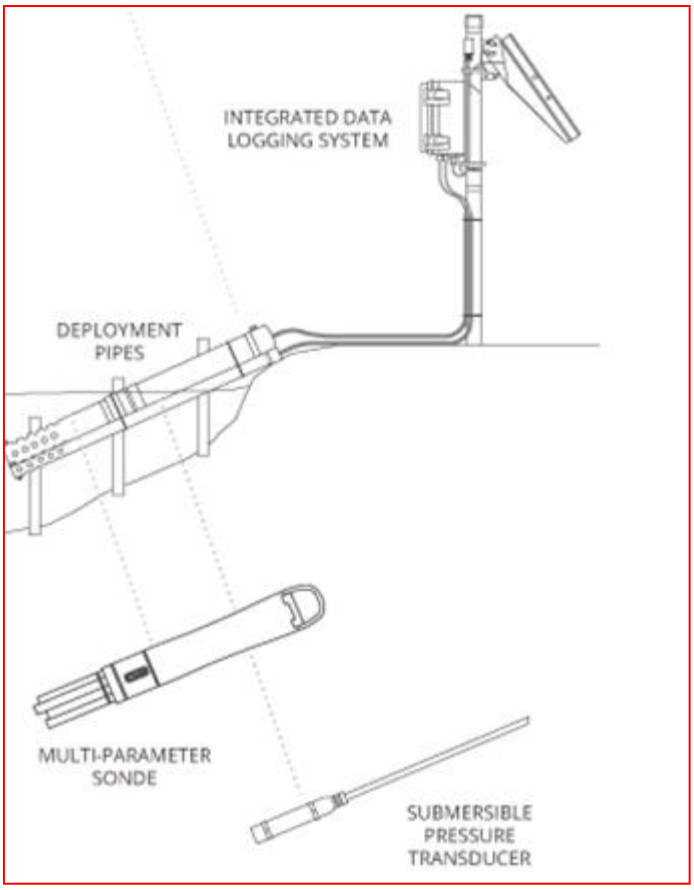
Stilling Well

Бунарот за мирување е изолиран резервоар кој дозволува прилив и одлив на речна вода, и обично е опремен со потоплив трансдуктор на притисок, меур

или шифрирачко вратило за мерење на степенот на потокот. Бунарите за мирување може да се инсталираат на брегот на реката или да се прикачат на стоечка структура и може да се сместат заедно со дата-логер и телеметриски систем.



Интегриран систем за евиденција на податоци (Integrated Data Logging System)



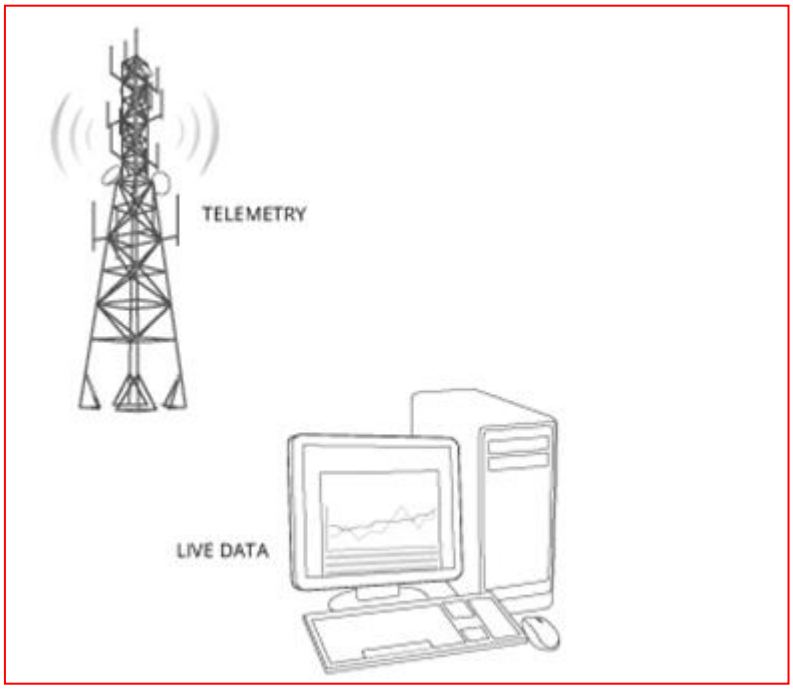
Интегриран систем за евиденција на податоци е мониторинг станица во реално време во која се сместени логерот на податоци, модулот за телеметрија и напојувањето/полнење. Бидејќи генерално е исплатливо да се испорача напојувањето со наизменична струја до локацијата за следење, **интегрирани соларни панели се користат за постојано полнење на батеријата** од **12V DC** за автономна работа.

Мулти-параметарска сонда

Повеќе-параметарските сонди нудат разновидна платформа за распоредување на неколку сензори на заедничка локација. Овие сонди може да дејствуваат и како интерфејс помеѓу сензорите и логерот на податоци или изворот на енергија.

Потопен претворувач на притисок (Submersible Pressure Transducer)

Потопниот трансдуктор на притисок го мери комбинираниот притисок што го врши атмосферата и матицата на водата над него. Цевката за вентилација во кабелот автоматски ги коригира влијанијата на атмосферскиот притисок.



Телеметрија

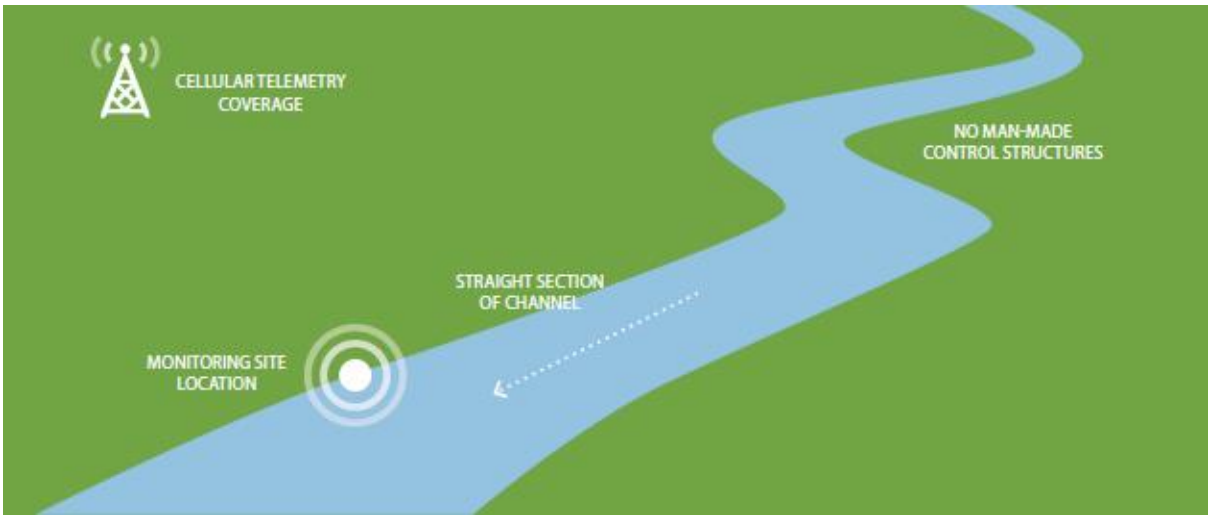
Телеметрија овозможува пристап до податоци во реално време. Безжичната комуникација може да биде од радио-предавател, мобилна или сателитска.

Податоци во живо

Инстант пристап до податоците е достапен 24/7 преку центар за податоци базиран на облак. Податоците од мониторингот може да се гледаат во реално време или како график за да се идентификуваат трендовите. Автоматизираните предупредувања во реално време може да се испраќаат преку текст или е-пошта, кога наведените параметри ги надминуваат однапред дефинирани граници.

Локации за следење

Целите на мониторингот ќе ја одредат приближната локација на потокот или речната станица. Исто така, мора да се земат предвид карактеристиките специфични за локацијата за да се обезбеди успешен проект. Физичките ограничувања на локацијата, времето потребно за да се стигне до локацијата, правниот и физичкиот пристап до локацијата и безбедносните прашања мора да се земат предвид при изборот на локацијата.



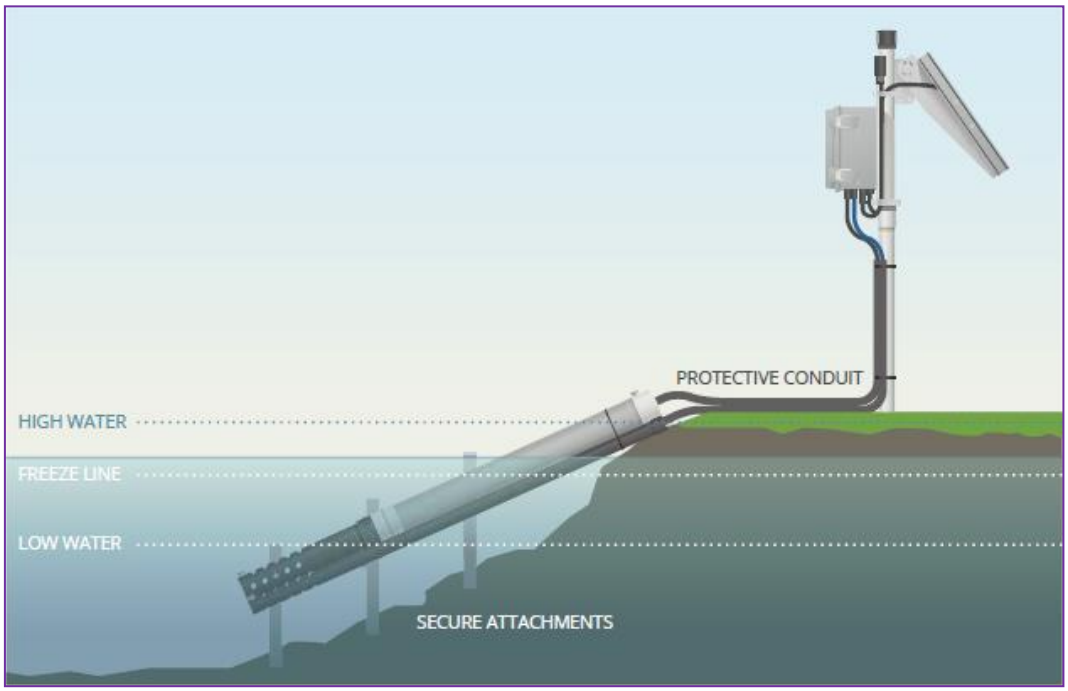
Разгледувања на локацијата

- Местото за следење треба да биде релативно достапно за носење опрема за вршење периодична калибрација и одржување.
- Ако се користи телеметрија, да се утврди дали има доволно мобилна покриеност за да добиеме сигнал од локацијата. Ако не, најверојатно ќе биде потребна сателитска телеметрија.

- Местото за инсталација треба да биде избрано така што условите за проток се разумно константни над физичката површина зафатена од гредите.
- Сензорот треба да се наоѓа во правилен дел од каналот, подалеку од кривините кои можат да предизвикаат варијации во распределба на протокот.
- Избегнување вештачки контролни/проточни структури возводно или низводно од локација што може да ги менува профилите на проток неправилно, бидејќи тоа ќе го отежне развојот на рејтингот.

Размислувања за инсталација

- Да се осигура дека опремата за евидентирање податоци и телеметрија ќе биде инсталирана доволно над ознаката за висока вода за да се спречи да биде поплавена или на друг начин оштетена од висока вода.



- Да се инсталираат сензорите според најниската очекувана фаза. Да се размисли и дали ќе се формира мраз во зимските месеци. Ако е така, да се задржат сензорите инсталирани под линијата за замрзнување.

- Да се размисли за проблемите со седиментот и да се обидеме со вертикално замрзнување секогаш кога е можно.
- Цевките за монтирање на сензорот треба да бидат безбедно прикачени на потокот или брегот на реката со долна игла, така што сензорот секогаш повторно се распоредува на истото место.
- Сите потенцијално изложени сензорски кабли во близина на земјата треба да се минуваат низ каналот до кутијата за логирање податоци за да се заштитат од животни.

Управување со податоци



Главен дел од секој мониторинг проект е собирање и пристап до податоци. Иако е можно едноставно да се снимаат мерења на лице место, можноста за евидентирање, испраќање и прегледување на податоци за следење во реално време е многу поефикасна.



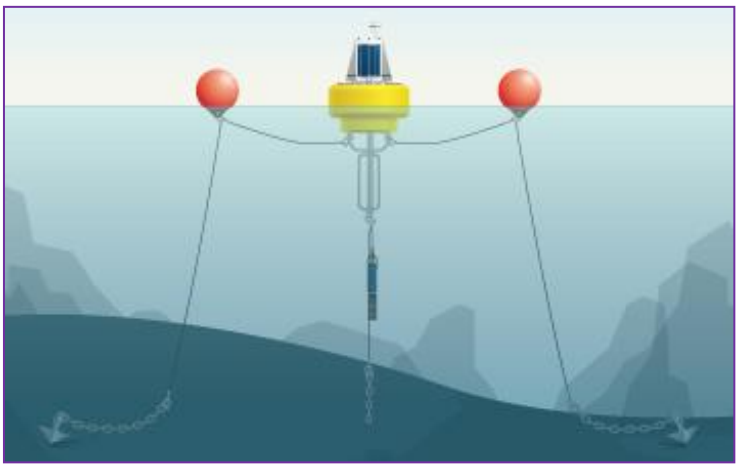
Опрема за следење (Monitoring Equipment)

Суштински дел од секој проект за мониторинг или мерење на животната средина е употребената опрема. Некоја опрема, како што се мерачи и теренски комплети, се наменети за земање примероци на самото место. Други, како сонди, логери на податоци и податочни пловци, се дизајнирани за долгорочни апликации за следење. Додека пловците, сондите и автоматизираните семплери имаат тенденција да бидат специфични за проекти за квалитетот на водата, **сензорите** и **логерите на податоци** може да се користат за следење на речиси секој еколошки параметар. Онлајн центрите за податоци, кога се користат заедно со телеметрија и логерот на податоци, нудат податоци во реално време и пристап до проекти од каде било и во секое време. Проектната опрема треба да се избере врз основа на барањата за точност, буџетот и **дали е потребен далечински мониторинг или не**.

Опрема за мониторинг и мерење на животната средина:

- Автоматски примероци.
- Прицврстување на пловакот.





- Податочни пловци.
- Дневник на податоци - Data Loggers.



- Метрики.
- Онлајн центри за податоци.



Инстант пристап до податоците од проектот

Најлесен начин за споделување и прегледување на податоците од мониторингот на животната средина е преку веб-базиран центар за податоци. Онлајн центар за податоци нуди 24/7 моментален пристап до податоците за проектот преку кој било веб-прелистувач. Податоците за квалитетот на водата, времето, брановите и почвата може да се експортираат во податочниот центар директно од логерот на податоци или преку софтверот на проектот.

Оваа услуга за управување со проекти може да биде заштитена со лозинка или да биде јавна, и им овозможува на корисниците пристап до собраните

податоци во реално време. Дополнително на какви било информации специфични за проектот, онлајн интерфејсот може да обезбеди динамични мапи на области, прекриени со информации за времето, неодамнешни и историски податоци, графикони со временски серии и статистички резимеа. Посетителите можат да комуницираат со проектните мапи и да ги гледаат податоците за следење во реално време или трендовите на параметрите со текот на времето.

Но, овие центри за податоци базирани на облак се повеќе од само убаво лице. Многу податоци може да се програмираат и да испраќаат автоматски известувања за аларм кога мерењето на параметарот ги надминува однапред дефинираните граници. Овие ограничувања се одредуваат со собирање на заднински податоци пред датумот на започнување на проектот со користење на опрема за земање примероци на самото место. Откако ќе се постави дозволен опсег на параметри, податоците се внесуваат во онлајн базата на податоци. Ако нивоата на мерење го надминат овој препорачан опсег за време на проектот, центарот за податоци веднаш ќе издаде предупредување (текст и/или е-пошта) до соодветниот проект менаџер или оператор.

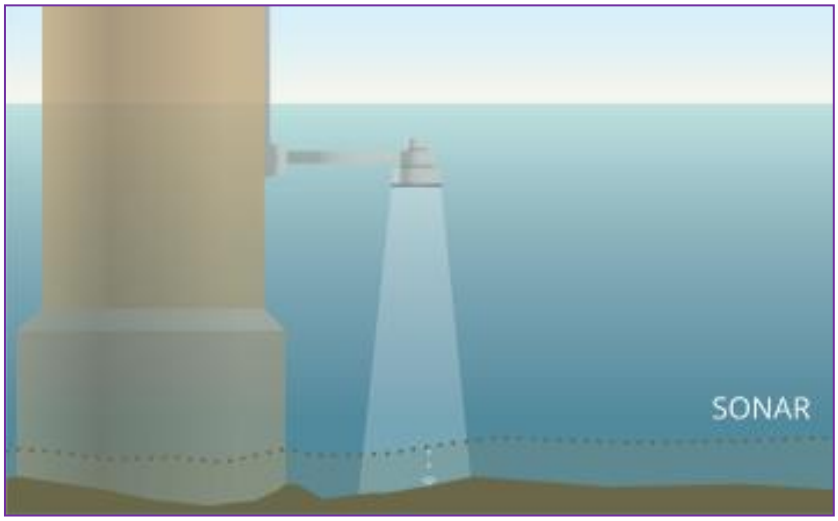
Со достапноста на податоци во реално време и системот за автоматско предупредување на центарот за податоци, проект менаџерите можат веднаш да бидат известени кога има загриженост за мерење на животната средина. Ова значи дека може да се спроведат навремени контролни процедури за да се променат операциите на проектот додека нивоата не паднат под максимално дозволената граница. Онлајн центарот за податоци може исто така да го пренесе ова предупредување назад до дневникот на податоци за да одговори на надминатиот опсег на параметри. Автоматските одговори може да вклучуваат почесто читање за време на високи периоди, а потоа продолжување на редовните интервали за евиденција кога нивото ќе се врати во нормала.

- Опрема за следење

Во општа употреба се три главни методи за следење во реално време. Овие инструменти вклучуваат **сонар (акустичен трансдуцер)**, **магнетни лизгачки јаки** и **пливачки уреди**. Било кој од овие уреди може да се имплементира заедно со логерот на податоци и телеметриски систем во реално време. Сите овие инструменти ги мерат висинските промени во коритото. Кога ќе се појави прекумерен транспорт на седимент (како на пример за време на нас-

тан од поплава), инструментите ќе ја покажат промената на висината (количината на отстранети седименти) и може да ја испратат таа информација до дата-логерот.

Од сите достапни методи за следење, **сонарот е најшироко користен** поради леснотијата на инсталација и поширокиот опсег на применливи услови на локацијата.



Сонарните инструменти, познати и како акустични трансдуктори, користат звучни бранови за да „ping“ на дното на воден пат. Соодветното ехо ќе укаже на длабочина до коритото. Кога трансдуцерот е наклонет кон област на потенцијално пробивање, сензорот ќе го мери нивото на ерозија што се случува. Повеќето сонарни инструменти се монтираат директно на столб или подградба на мост. Овој индиректен метод на мерење ги ограничува пречките од остатоците во водата и го олеснува одржувањето на инструментите.

Сонар е популарно решение за следење бидејќи може постојано да мери и враќа податоци. Тие исто така лесно се поврзуваат со телеметриска станица за пренос на податоци во реално време. Овие системи се исто така лесни за имплементација, бидејќи воопшто не треба да се инсталираат или закопуваат во речното корито. Сепак, во зависност од локацијата и условите на животната средина, некои остатоци над површината (на пример, ледени текови) може да се мешаат со сонарот. Како и со секое решение за следење, се препорачува редовно одржување.

Овие инструменти можат да бидат опремени со еден сонарен трансдуктор за следење на одредена област или повеќекратни за мерење на промените на

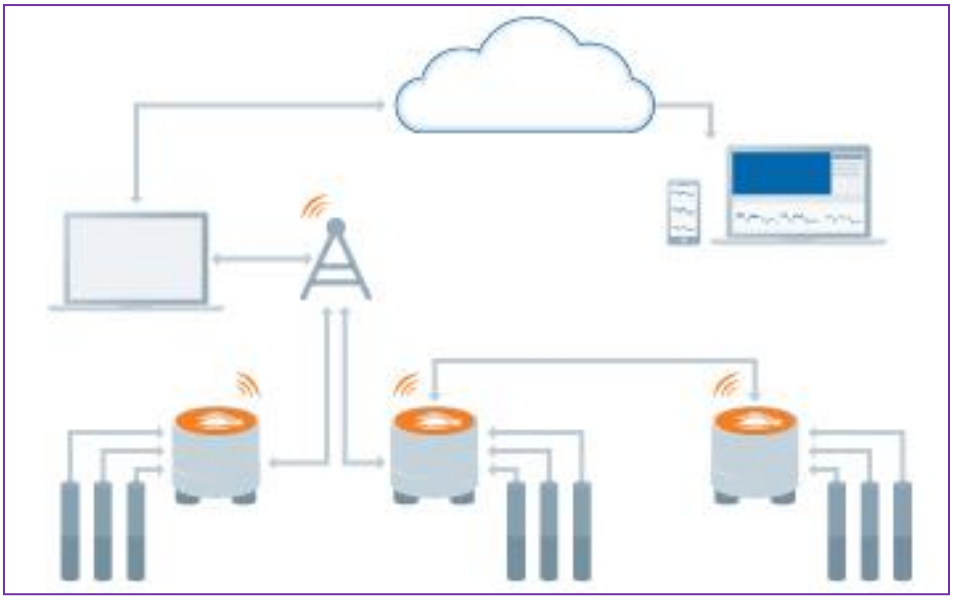
висините во поширок опсег околу столбот. Ако потокот мигрира, поместувајќи ја потенцијалната област на перење, прилично е едноставно да се премести системот на нов ризичен столб. Покрај нивната привлечност како уред за постојано следење, системите за следење базирани на сонар се препорачуваат во длабоки канали, водни патишта со лабави седиментни корита и биолошки активни области, бидејќи тие не се толку подложни на био-насипување, отпадоци во водата или поместувачки талог.

- Сензори и паметни сензори.
- Сонди.
- Телеметрија.

Телеметријата, или **безжичната комуникација**, е корисна алатка за следење на животната средина во реално време. Вообичаени опции за телеметрија се мобилни и радио, иако сателитската телеметрија може да се користи на пооддалечени локации. Одлучувачки фактор при одредувањето на најисплатлива опција за телеметрија треба да бидат условите на локална локација и близината до проектниот компјутер. Сите три од овие опции дозволуваат ажурирања во реално време во врска со квалитетот на водата за време на операцијата за багер.

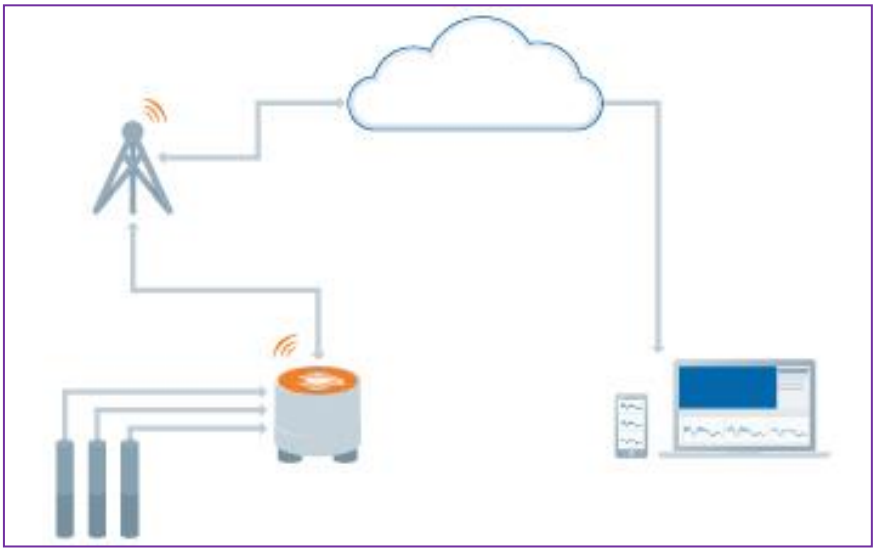
Радио телеметрија се препорачува кога целата опрема е во непосредна близина. Доколку е опремен со радио со распространет спектар без лиценца, логерот на податоци може да комуницира со базната радио станица од брегот. Овој опсег може да варира во зависност од користениот логер и базната станица. Радио-технологијата со широк спектар може да дозволи опсег до пет милји (линија на видот) или неколку стотици стапки (не-линија на видот). Радио базната станица служи како централен центар за секој логер на податоци во опсегот, со можност за испраќање на собраните податоци на проектен компјутер.

Во типичен систем, податоците од сензорот ќе се складираат локално на дневник на податоци или мрежа на снимачи на податоци. Базната станица потоа ќе испрати податоци до центар за податоци базиран на облак за да се гледаат и надгледуваат по погодност на проект менаџерите.



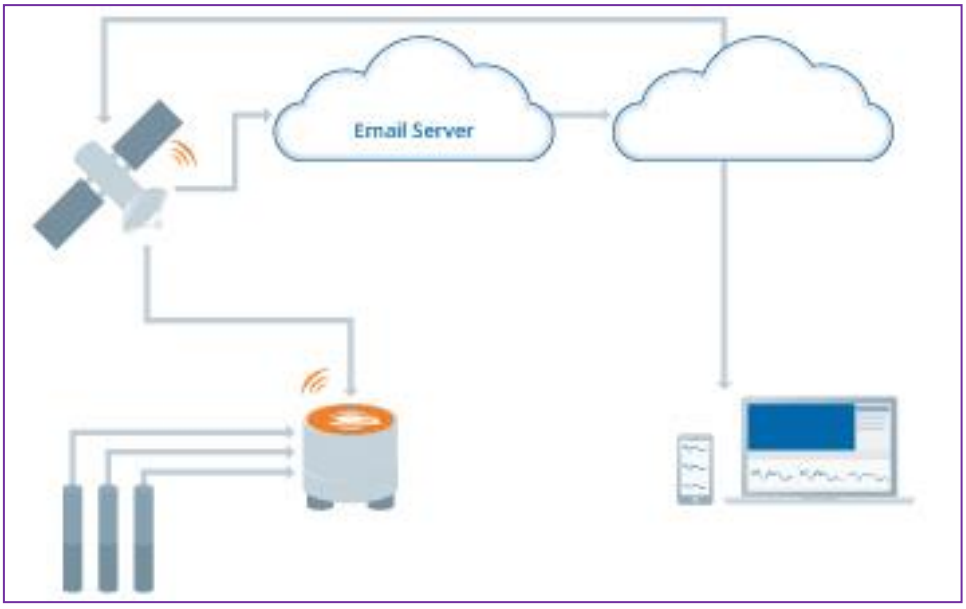
Мобилната телеметрија нуди поголема географска флексибилност од радиото, иако бара план за мобилни податоци. Овој мал, дополнителен трошок дозволува пренос на податоци од секаде каде што прима мобилен сигнал. Со мобилната телеметрија, станиците за следење не треба да бидат во непосредна близина, ниту пак е потребна базна станица од брегот. Наместо тоа, до сите податоци може да се пристапи безжично преку Интернет. Логерите на податоци може да бидат опремени со мобилни модеми од различни провајдери, вклучувајќи ги AT&T, Verizon и Sprint.

Во типичен систем, податоците од сензорот ќе се складираат локално на логерот на податоци и ќе се испраќаат до центар за податоци базиран на облак преку мобилна мрежа врз основа на распоред дефиниран од корисникот.



За далечински апликации каде што радио и мобилната телеметрија не се изводливи, може да се користи **сателитска телеметрија**. Комуникациската мрежа Иридиум одржува динамична, вкрстено поврзана констелација на сателити во ниска орбита на Земјата (LEO), обезбедувајќи покриеност низ целиот свет. Ова значи дека логерите на податоци со сателитски модем Iridium можат да пренесуваат податоци во реално време од каде било на Земјата. Како и кај мобилните мрежи, податоците се испраќаат до централната порта, која потоа ги пренесува податоците преку Интернет на кој било проектен компјутер или мобилен телефон.

Во типичен систем, податоците од сензорот ќе се складираат локално на логерот на податоци и ќе се испраќаат до серверот за е-пошта преку компанијата Иридиум. Центарот за податоци базиран на облак потоа ќе ги извлече податоците од серверот за е-пошта врз основа на распоред дефиниран од корисникот.



Параметри

- Транспорт и таложење на седименти.
- Алги, фитопланктон и хлорофил.
- Хромофорична растворена органска материја.
- Спроводливост, соленост и вкупно растворени цврсти материи.
- Растворен кислород.
- pH на водата.

- Заматеност, вкупни суспендирани цврсти материи и бистрина на вода.
- Температура на водата.
- Сончево зрачење и фотосинтетички активно зрачење.

Мерења

- Мерење на проток.
- Мерење на CDOM.
- Мерење на растворен кислород.
- Мерење на заматеност, TSS и чистота на водата.

Опрема за следење

- Прицврстување на пловакот.
- Опрема за следење.
- Дневник на податоци.
- Онлајн центар за податоци.
- Телеметрија.

Апликации за следење

- Следење на заматеноста на локациите за багерирање.
- Следење на растворен кислород во хидроенергетски капацитети.
- Следење на перење на мостови и офшор структури.
- Профилирање на температура во езера.
- Мониторинг на внатрешно езеро.
- Мониторинг на потоци и реки.
- Системи за предупредување од поплави.

4. Обезбедување на квалитет

За да се одржи точноста и опремата да функционира во рамките на спецификациите, најдобра практика препорачува чистење и калибрирање на инструментите во редовни интервали. Исто така, се препорачува вкрстена проверка на точноста на сензорот со посебен инструмент. Проектите може дури и да бараат употреба на **План за обезбедување квалитет** (QAP - Quality Assurance Plan) кој обезбедува детален преглед на барањата за одржување, калибрација и QA/QC.

Одржување на системот

Без оглед на употребените инструменти за квалитет на водата, периодично одржување и калибрација е од суштинско значење. Одржувањето на инструментот вклучува чистење на инструментите (особено ако сензорот не се брише самостојно) и замена на сите влошени О-прстени за да се спречи навлегување вода. Интервалите на одржување во голема мерка зависат од условите на локацијата и други променливи, како што е потенцијалот за био-насипување. Вообичаените интервали за калибрација и одржување се на двонеделна или месечна основа.

Пред калибрацијата, важно е темелно да се исплакне чашата за калибрација со вода и потоа да ја исплакнеме со мала количина од стандардот за калибрација за сензорот што се калибрира. Се препорачуваат две до три плакнења. Да се фрли стандардот за плакнење, а потоа да се наполни чашата за калибрација со свеж стандард за калибрација. Да се наполни чашата со соодветен стандард за калибрација за целосно потопување сензор. Јачината на звукот ќе се разликува, само да се провери дали сензорот е потопен. Да се внимава да се избегне вкрстена контаминација со други стандарди. За поголеми детали во врска со калибрацијата на сензорот, треба да се наведе упатството за употреба на производителот.



Во случај на дефект или оштетување на сензорот, корисно е да се има при рака резервни сензори или сонди. Тие може да се заменат на терен за време на калибрација или рутински проверки за одржување. Имањето на располагање резервна опрема ќе го намали времето на застој поради непредвиден дефект на сензорот, што може да предизвика критични и скапи прекини на долгорочните збирки на податоци.

Верификација на перформанси

Покрај одржувањето на опремата калибрирана, важно е периодично да се проверува дали сензорите даваат точни податоци. Најдобар начин да се постигне ова е со проверка на вредностите за квалитетот на водата во истата област користејќи посебен, преносliв систем за следење. Ова е познато и како самото земање примероци.

Во многу случаи, истите инструменти за квалитет на водата распоредени во потокот или реката може да бидат опремени со кабел и рачен дисплеј за земање примероци на самото место. На пример, ако се користи звучник за квалитет на вода YSI EXO2, тогаш може да се користи посебна звучна EXO2 со кабел и рачен дисплеј за проверка на перформансите. Важно е да се користат слични и конзистентни сензори при проверка на податоците, бидејќи вредностите имаат тенденција да имаат варијабилност кај различни инструменти за сензори. Сондата или сензорот може да се спуштат во водата до длабочина што одговара на поставените сензори. Додека е на таа длабочина, може да се направи мерење на квалитетот на водата. Податоците од овој преносliв систем потоа може да се споредат со системот за мониторинг на место и да се проверат дали има несовпаѓања.

Друг начин за проверка на перформансите на сензорот е да го повлечеме инструментот за квалитет на водата и да ги провериме вредностите на сензорот во познати стандарди пред рекалибрацијата. Ова понекогаш се нарекува проверка по калибрација. Со проверка на измерените вредности во однос на познат стандард, можно е да се набљудува и документира количеството на повлекување на сензорот што се случило од последната калибрација. Разликата во вредноста може да се спореди со однапред одредени критериуми, ако разликата е надвор од критериумите, тогаш мерните податоци можеби ќе треба да се квалификуваат.



Препорачана опрема

Иако има многу лимнолошки и хидролошки мониторинг инструменти на пазарот, некои се издвојуваат за останатите. Fondriest Environmental ги избра овие производи како најдобри во својата област поради нивниот квалитет, сигурност и вредност. Заедно, тие обезбедуваат напреден и моќен систем за следење во реално време за кој било поток или река.

1. **Потопувачки сензор** за притисок **PT12 од Seametrics** (Seametrics PT12 Submersible Pressure Sensors) е доволно издржлив за **да ја мери длабочината во највалкани и најбурни води**.

Потопувачките сензори за притисок Seametrics PT12 обезбедуваат точни **отчитувања на притисокот** и **температурата** во груби средини.

Карактеристики

- Дигитален сензор со SDI-12 и Modbus комуникации.
- Апсолутни (непроветрени) или мери (проветрени) верзии.
- Достапно од **5 PSI** до **300 PSI** во куќишта од нерѓосувачки челик и титаниум.

Дизајниран да им одолее на елементите, **Seametrics PT12** обезбедува точни отчитувања на **притисокот** и **температурата** во груби средини. Овој ин-

дустриски стандарден уред **SDI-12** е лесен за поврзување со логери на податоци и **може да се врзе со синџир на еден кабел до 200 стапки**, што го прави претпочитан избор за многу професионалци од областа на животната средина со постоечките системи SDI-12.



Бенефити (придобивки)

- Интерфејс SDI-12 v1.3.
- Modbus RTU интерфејс.
- Опционална USGS OSW подобрена калибрација со точност на единицата 15 PSIG.
- Достапно со различни опции за кабли, вклучувајќи полиетилен, полиуретан и FEP.
- Достапно во апсолутни и верзии со мерач.
- 316 нерѓосувачки челик, флуорополимер и тефлонска конструкција (титаниум опционално).
- Изборна автоматска барометриска компензација за апсолутни единици со помош на барометриски сензор PT12-BV (само SDI-12)
- Достапно од 5 PSI до 300 PSI.

- Изборен (опционален) NPT влез од 1/4 инчи.

2. **EXO2 Multi-Parameter Quality Sonde** на водата на **YSI** обезбедува **шест порти за сензори**, што го прави совршена основа за следење на квалитетот на водата во која било поставка.







Модерен и ефикасен дизајн

YSI EXO2 претставува напредна сонда платформа која нуди широк опсег на способности на оние кои се посветени на следење на природни водни средини како што се океани, притоки, реки, езера и подземни води. Со високо ефикасна платформа за управување со енергија, цврста конструкција и систем за заштита од нечистотија без хемија, EXO2 овозможува прецизно собирање податоци до 90 дена помеѓу сервисни интервали.

Multi-Port Water Quality Sonde

- Температура.
- Спроводливост.
- Длабочина.
- Растворен кислород.
- pH вредност.
- ORP.
- Вкупни алги (фикоцијанин или фикоеритрин заедно со хлорофил).
- Заматеност.
- Флуоресцентна растворена органска материја (fDOM - Fluorescent dissolved organic matter).
- Rhodamine WT.
- UV нитрат.

- ISE амониум.
- ISE нитрат.
- ISE хлорид.

Пресметува четири излезни параметри (Outputs Four Calculated Parameters)

- Соленост – Salinity.
- Специфична спроводливост.
- Вкупно растворени цврсти материи (TDS - Total dissolved solids).
- Вкупни суспендирани материи (TSS - Total suspended solids).

Вградена обработка на сигнали и меморија

Сите EXO сензори се дигитални сензори со вградена **обработка на сигнал** и **меморија**. Вградените податоци за дијагностика и калибрација на сензорот им овозможуваат на корисниците да калибрираат повеќе сензори во еден звучник и да ги дистрибуираат до разни други сонди на терен. Конекторите што се спојуваат со влажно овозможуваат замена во влажни услови, додека активното следење на портата автоматски го открива секој сензор и ја потврдува работата.

3. **NexSens X3 Environmental Data Logger** нуди систем за евиденција на податоци поставен на столб со телеметрија на мобилниот модем и соларно полнење за да ги одржуваме нашите податоци ажурирани додека сме далеку од теренот.

X3 е сè-во-едно еколошки логатор на податоци дизајниран и за монтирање на столб/sид и за апликации базирани на пловци. Компатибилните сензори вклучуваат инструменти за квалитет на вода, жици за температура, ADCP, сензори за нивото на водата и метеоролошки станици.

Карактеристики

- 4G LTE мобилни, сателитски иридиум или опции за двојна телеметрија.
- Морски анодизирано водоотпорно куќиште за распоредување во сурови средини.
- Користи веб-центар за податоци WQData LIVE за моментален пристап до податоци од кој било веб-прелистувач.



3.1 NexSens XB-200 Data Buoy

Податочната пловка NexSens XB-200 е идеална за апликации за следење на водата кои бараат преносливост и брзо распоредување, но сепак доволно цврста за груба вода.

Карактеристики

- Три интегрирани соларни панели од 15 вати за соларно полнење од 45 вати.
- Преминливи дупки со дијаметар од 4" за распоредување на сензорот за вода.
- Горната плоча поддржува сончева светлина, временски станици и други сензори.





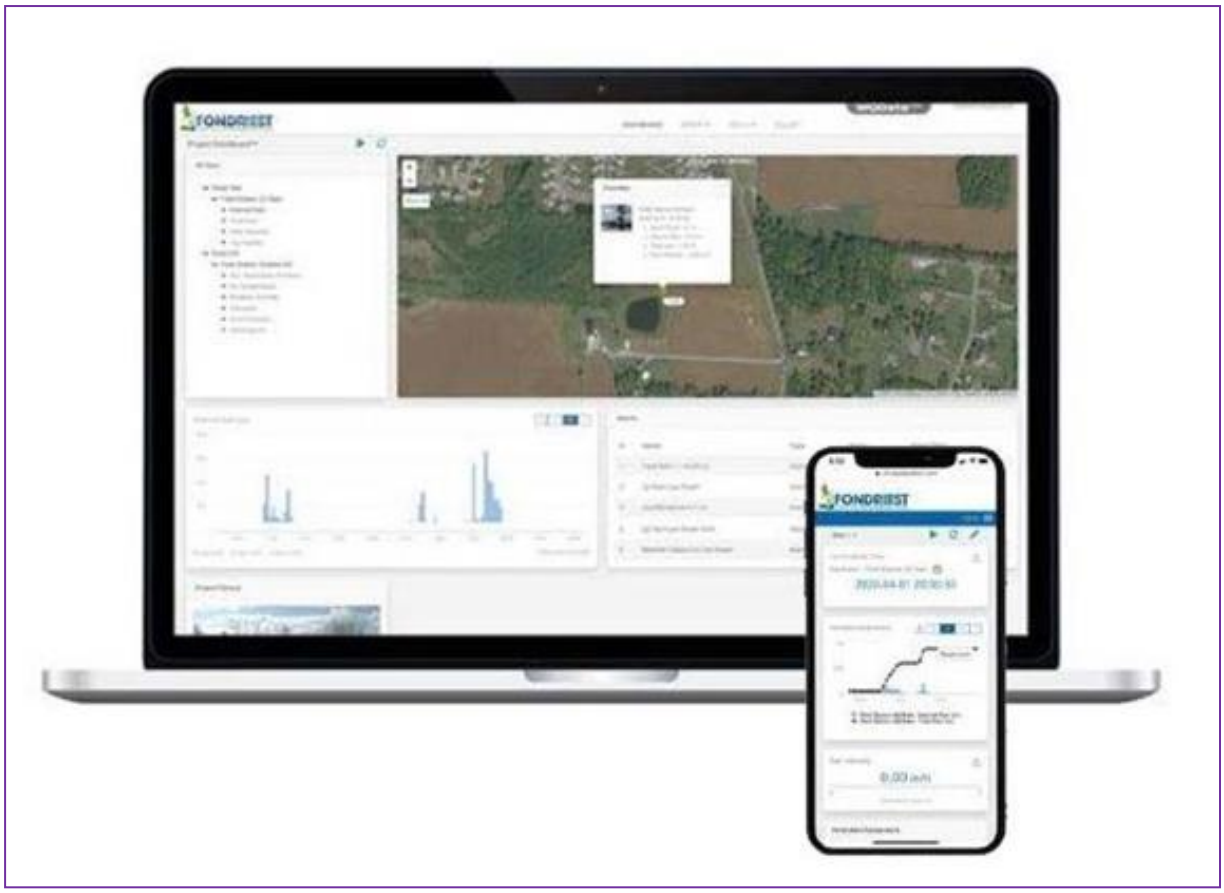
XB-200 ја претставува следната генерација на податочни платформи од NexSens Technology. Идеален е за апликации кои бараат преносливост и брзо распоредување, а сепак доволно силен за груба вода. Платформата е популарен избор за лимнолошко истражување, следење на заматеноста на багерите, профилирање на температура или растворен кислород, мониторинг на рибарството и аквакултурата, откривање на штетно цветање на алги и одговор на истекување на нафта.

Трупот и соларната кула на XB-200 се направени од UV стабилизиран, линеарен полиетилен со мала густина (LLDPE), нудејќи и флексибилност и цврстина. Трупот е исполнет со лесна полиуретанска пена со затворена клетка за да ја одржува пловката да плива дури и ако е прободена или оштетена. Батериите се сместени во водоотпорна преграда во трупот на пловата со дополнителен простор за мерна електроника и телеметриска опрема.

Кога е конфигуриран со клеточниот податочник на NexSens X3 4G LTE или сателитот Iridium, целата електроника е монтирана под горната плоча на соларната кула за брз пристап и лесна замена. Три порти за премин од 4" имаат сензори за следење на водата, а горната плоча што може да се конфигурира ги сместува временските сензори заедно со навигацискиот светилник. Вообичаено интегрираните сензори вклучуваат метеоролошки станици, сензори за бранови, жици со термистор, повеќепараметарски сонди, доплерови струјни профили и други инструменти за следење.

4. Дополнително, веб-центарот за податоци **WQData LIVE** овозможува 24/7 далечински пристап до собраните податоци од кој било компјутер или мобилен уред, додека вклучува инстант известувања за аларм и следење трендови.

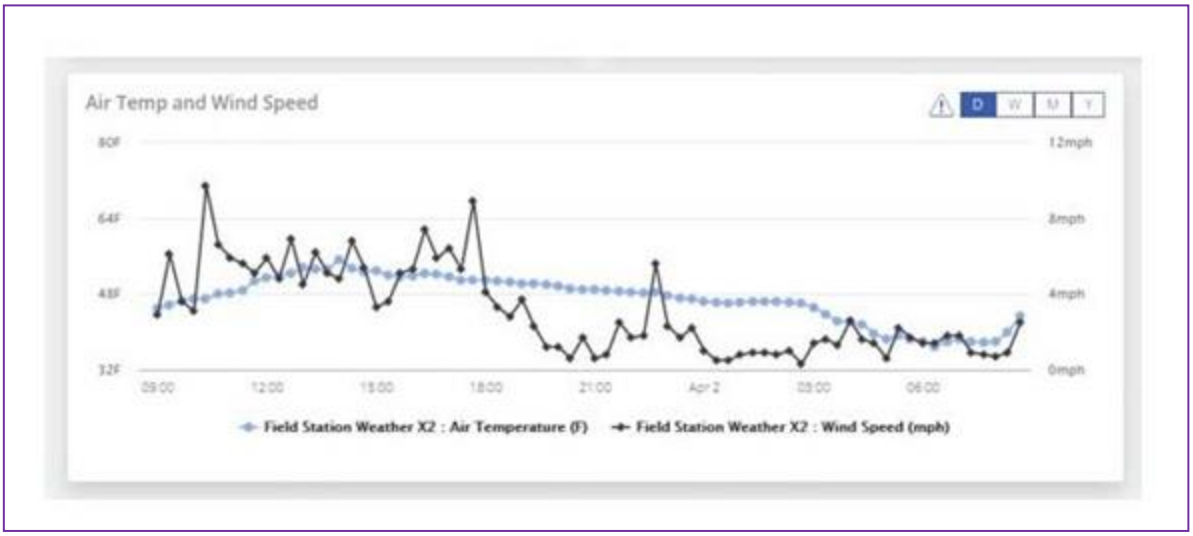
Веб центар за податоци на NexSens WQData LIVE

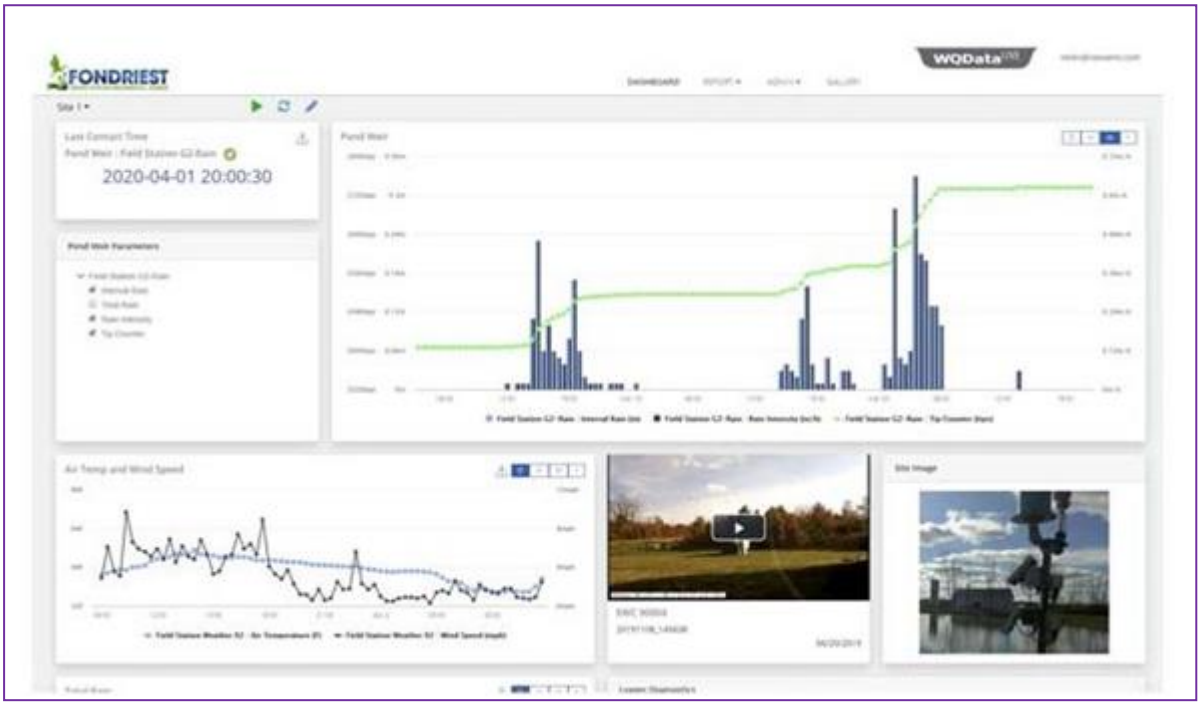


WQData LIVE е веб-базирана услуга за управување со проекти, која им овозможува на корисниците 24/7 моментален пристап до податоци собрани од далечински телеметриски системи.

Карактеристики

- Двонасочна комуникација со далечински системи
- Интерактивен интерфејс за мапа на леток ESRI
- Приказ и преземање табеларни и графички податоци.





WQData LIVE е веб-базирана услуга за управување со проекти, која им овозможува на корисниците 24/7 моментален пристап до податоци собрани од далечински телеметриски системи. Корисниците со платформи за логери на податоци од серијата X на NexSens имаат можност да ги конфигурираат и ажурираат системите од далечина преку Wi-Fi, мобилна или сателитска телеме-

трија. Сите проекти се заштитени со лозинка со пристап на повеќе нивои. Администраторите имаат целосен пристап за далечинска комуникација и измена на проектот, додека соработниците се ограничени на прегледување и експорт на податоци.

Онлајн базата нуди можност за прегледување на читања во живо, конфигурирање на предупредувања за известување на проектниот персонал кога вредностите на податоците ги надминуваат праговите, податоци за извоз и друго. Контролната табла на проектот вклучува приказ на карта на ESRI леток што ги прикажува сите локации на проектот на карта со можност за зумирање, лизгање и влечење. Долниот дел од контролната табла вклучува преглед на проектот, одрекување податоци и фотографија од проектот. За проекти со повеќе локации, секоја локација во рамките на проектот ги прикажува логерите на податоци поврзани заедно со фотографија на локацијата во пригодно окно за гледање.

Со кликнување на која било локација во рамките на проектот се прикажуваат најновите вредности на податоци заедно со графикон кој прикажува ден, недела, месец или година на податоци. Во рамките на секој параметар, корисниците можат да се регистрираат за да добиваат предупредувања преку е-пошта врз основа на висок или низок праг. Богат сет на мета-податоци и дијагностички податоци специфични за секоја локација се прикажани на дното за решавање проблеми со сензорот или логерот на податоци. Со овој богат сет на алатки, WQData LIVE ја поедноставува задачата за управување со проект за следење на животната средина.

Мониторинг на потоци и реки

Потоците и реките се главните артерии кои ја транспортираат слатката вода во земјата. Многу од големите градови во светот се наоѓаат покрај големи потоци и реки, а овие води служат за многу важни функции, вклучувајќи живеалиште за риби и други водни животни, транспорт на хранливи материи, вода за пиење, индустриско снабдување со вода, наводнување, транспорт, производство на електрична енергија и рекреација. Заштитата на здравјето на овие водни патишта е од суштинско значење за одржување на рамнотежата помеѓу природата и човечката цивилизација.

Потоците и реките се чувствителни екосистеми кои се ранливи на загадување, прекумерна употреба и климатски промени кои предизвикуваат зголе-

мена фреквенција на суши и поплави. Следењето на овие вредни ресурси е од суштинско значење за да се разбере како тие се менуваат и како можеме најдобро да ги зачуваме.

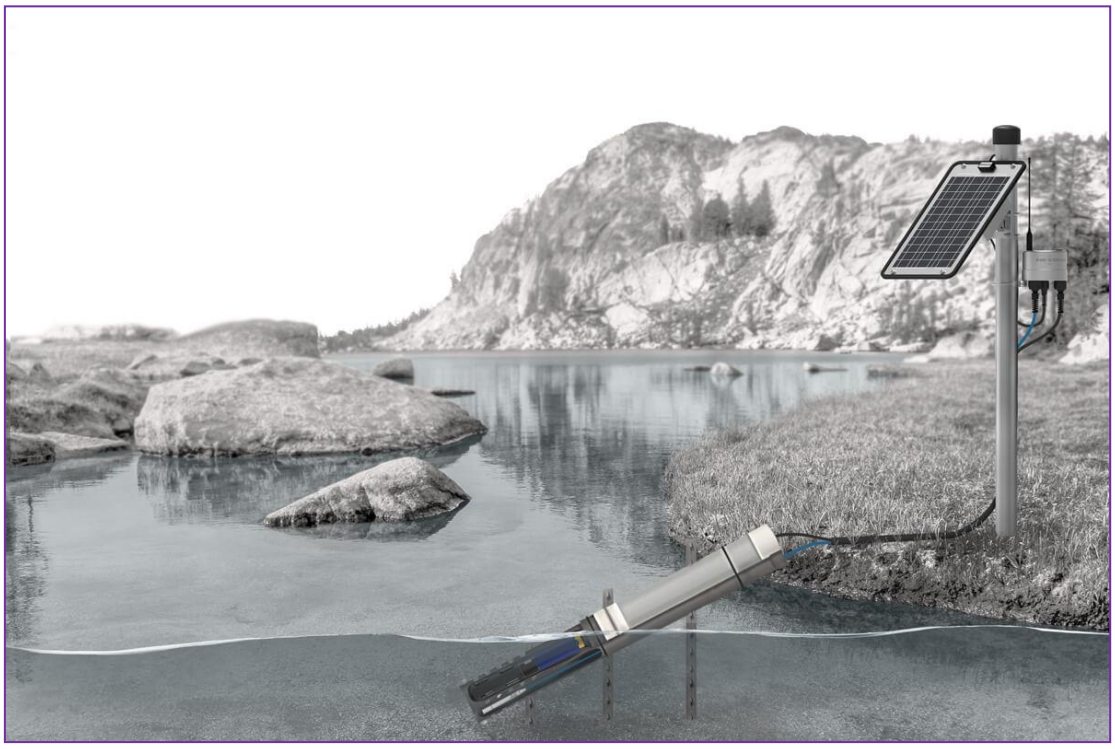
- Потоците и реките природно транспортираат хранливи материи и други цврсти материи, но зголемените оптоварувања од земјоделските и атмосферските води може да предизвикаат штетно цветање на алгите.
- Испуштањата од индустриските капацитети и капацитетите за произво-дство на електрична енергија може да внесат загадувачи и да предизвикаат брзи температурни промени кои им штетат на екосистемите.
- Прекумерната употреба за земјоделство и други цели во комбинација со променливите временски обрасци предизвикува недостиг во некои сливови.
- Реките кои се користат многу за транспорт може да се поплават, да имаат недоволна длабочина на водата или да бидат загадени од пловните објекти кои патуваат по нив.
- Објектите за производство на електрична енергија ги менуваат физичките карактеристики на потоците и реките и можат да ја променат температурата, нивото на растворен кислород и севкупниот квалитет на водата.
- Загадувачите кои се транспортираат во реките можат да ги преминат регионалните и националните граници и на крајот да стигнат до океанот каде што може неконтролирано да се шират.

Системите за мерење на протокот како оние со кои управува USGS обезбедуваат вреден надзор на условите на протокот и квалитетот на водата во потоци и реки. Кога се правилно инсталирани и одржувани, овие системи можат да испорачаат многу години корисни податоци.

Системите за квалитет на поток и речна вода NexSens обично го следат нивото на водата со трансдуцер на притисок или сензор за ниво без контакт и различни параметри за квалитетот на водата со мултисензорски звучник. Инструментите како оние од YSI, Hydrolab, Eureka и In-situ се компатибилни со еколошкиот логатор на податоци NexSens X3 и можат да мерат **температура,**

pH, спроводливост, растворен кислород, заматеност, хранливи материи, алги, хлорофил и друго. Податоците за нивото на водата може да се користат за да се процени стапката на проток ако е познат пресекот на реката или потокот.

Сензорите за квалитет на водата често се инсталираат во перфорирана цевка за распоредување безбедно монтирана на брегот на реката или потокот. Сензорите може да се прицврстат на фиксна позиција во цевката и лесно да се отстранат од водата за одржување и калибрација.



Дневникот на податоци X3 е монтиран на блиска структура, дрво или јарбол и безжично ги пренесува податоците во речиси реално време преку 4G LTE мобилни или сателитски комуникации до веб-центарот за податоци WQData LIVE. Во основната конфигурација, оваа бесплатна услуга им овозможува на корисниците безбеден пристап и анализа на податоците, како и споделување податоци преку API или автоматско известување. Нивоите на WQData LIVE засновани на претплата се исто така достапни за напредно известување, алармирање и управување со податоци, вклучително и опција за јавен портал.

Повеќекратните сензорски приклучоци на логерот X3 одговараат на ситуации кога сензорите се поставени на повеќе локации или системот се проширува со други инструменти. Дожд мерачи на определен простор, мулти-параме-

тарски метеоролошки станици и странични струјни профили се некои од инструментите кои вообичаено се интегрираат во системите за мерење на проток.



Сензорите за квалитет на водата мерат: растворен кислород, спроводливост, заматеност, pH, температура, амониум, нитрат, хлорид и многу повеќе. За употреба во различни апликации како сурова канализација, отпадна вода, атмосферска вода, реки/потоци, езера/акумулации и морска вода.



5. Индекс на квалитет на вода

Индексот за квалитет на водата е алатка која ги сумира информациите за неколку физички, хемиски и биолошки параметри на водата. Тоа е стандардизиран и разбирлив начин да се информира јавноста и да се води планирање

и управување со квалитетот на водата. Не постои консензус за најдобриот индекс, кој зависи од целта (т.е. сурова вода за јавно снабдување, земјоделство, аквакултура, загадување на водите итн.) и економските услови на земјата.

Во Бразил, ANA е правно одговорен субјект за спроведување на Националниот систем за систем за управување со водните ресурси и го користи **Индексот за квалитет на водата** (**WQI**), развиен од Националната фондација за санитација за Соединетите Американски Држави. Иако индексот има ограничувања, тој е примарен што се користи во земјата за да се заклучи квалитетот на водните ресурси. WQI-ANA се состои од девет параметри: DO, термотолерантни колиформи, pH, биолошка побарувачка на кислород (BOD -) Biological Oxygen Demand) на 20^{o}C по 5 дена, температура, вкупен азот и фосфор, заматеност и вкупни цврсти материи. Овие параметри се сметаат за доволни за да се одреди квалитетот на водата и да се класифицираат водните тела. Сепак, други параметри може да помогнат да се заклучат карактеристиките на одредени водни ресурси, како што се ORP и **концентрација на метали**.

Параметрите на WQI-ANA се мерат in situ со мултипараметриски уред и во лабораторија со земање примероци од вода за да се анализира главно термотолерантни колиформи, вкупни цврсти материи и вкупен азот и фосфор. Постои развој на мултипараметарски сонди вклучувајќи сензори за BOD и колиформни бактерии, но сè уште има предизвици за нивно потврдување. Вообичаена практика е да се измерат овие параметри во примероците на вода и, кога е изводливо, и во други видови примероци. Некои од најчестите основни параметри за квалитетот на водата се:

DO: Главните методи за мерење на DO се титриметрискиот, електрохемискиот или оптичкиот метод. Сондите DO обично користат оптички и електрохемиски (врз основа на реакциите на оксидација-редукција). Постојат два типа на електрохемиски сонди, кои можат да бидат поларографски или галвански, додека оптичките сонди се засноваат на изумирање на луминисценцијата во присуство на кислород и, во поново време, развиени сонди врз основа на методот на флуоресценција. Веи и сор. споменуваат во нивниот преглед дека поларографијата е моментално најшироко користен електрохемиски метод, со едноставна структура, широк опсег на апликации и зрела технологија. Сепак, има некои проблеми и тие истакнаа дека сензорите за кислород

базирани на методот на флуоресценција можат да ги надминат овие проблеми што ги претставуваат електрохемиските сензори. Производителот Atlas Scientific, на пример, нуди галвански сонди (составени од силиконска мембрана, анода облеана во електролит и катода), додека Vernier нуди оптичка опција (користејќи технологија на луминисценција) и препорачува нејзина употреба за настава.

ORP: Овој параметар е мерка за електричниот потенцијал (размена на електрони) во полуреакции на оксидација и редукција и покажува дали водата (водата со други супстанции) е или оксидирана или намалена. Тоа укажува на способноста на водните тела да се исчистат, и затоа високите вредности на ORP обично укажуваат на високи нивои на кислород во водата. Принципот е електричен, дури и со оглед на новите алтернативни технологии, а поради важноста на мерењето што помага да се разбере промената на другите параметри, ORP сензорите обично се спојуваат во повеќепараметарски сонди.

pH: Параметрите во комерцијално достапните мултипараметарски сонди се мерат со помош на електроди со различни принципи на работа и структури на сонди. pH сонди обично содржат две електроди (сензор и референтна) кои го мерат потенцијалот на водородната активност во растворот. Вообичаените сонди за pH се стаклени електроди - мембранскиот материјал што комуницира со примерокот што е чувствителен на pH - и користат референтни електроди **Ag/AgCl**. Телото на сондите може да биде направено од многу материјали (стакло, епоксидна, полимер и сл.) со различна отпорност и издржливост. Дополнително, спојниците, кои се порозни точки за поврзување помеѓу референтната електрода и примерокот, се уште една важна чувствителна карактеристика на pH сондите, што им дава издржливост и примена при различни работни услови. Покрај тоа, постојат неодамнешни технологии (електрични и оптички типови) кои користат, на пример, рутениум (Ru) и титаниум диоксид (TiO22) во сензорите.

Temperature: Повеќе процеси што се случуваат во водата се под влијание на температурата, што влијае на концентрацијата на параметрите како што се DO, pH и спроводливоста, меѓу другото. Така, сензорот за температура, како **pH** и **спроводливост**, е **вообичаен сензор во мултипараметриските** сензори/сонди.

Turbidity (заматеност): Го означува степенот на слабеење што го доживува зрак светлина додека минува низ вода. Ова слабеење се должи на апсо-

рпцијата и расејувањето на светлината со суспендирана материја (тиња, песок, алги, остатоци од почва, глина итн.) и затоа е оптички принцип. Мерењето е важен параметар за одредување на квалитетот на водата и во работата на станиците за третман на вода, бидејќи влијае на бројот на коагуланти потребни во процесот на третман. Неодамна е развиена технологија со ниска цена базирана на **нефелометриски сензор за заматеност** за континуирано следење на квалитетот на водата и развојот на сензорите за заматеност.

Конечно, други важни хемиски параметри кои се користат за да се заклучи квалитетот на водата се азот (т.е. амонијак, нитрат), фосфор, вкупна цврста суспензија и биолошки параметри како вкупни колиформи, ешерихија коли, алги и цијано-бактерии. Мултипараметриските уреди обезбедуваат и други параметри (на пример, соленост, притисок и спроводливост) измерени со сензори или пресметани од комбинација на мерења и прикажани од уредот.

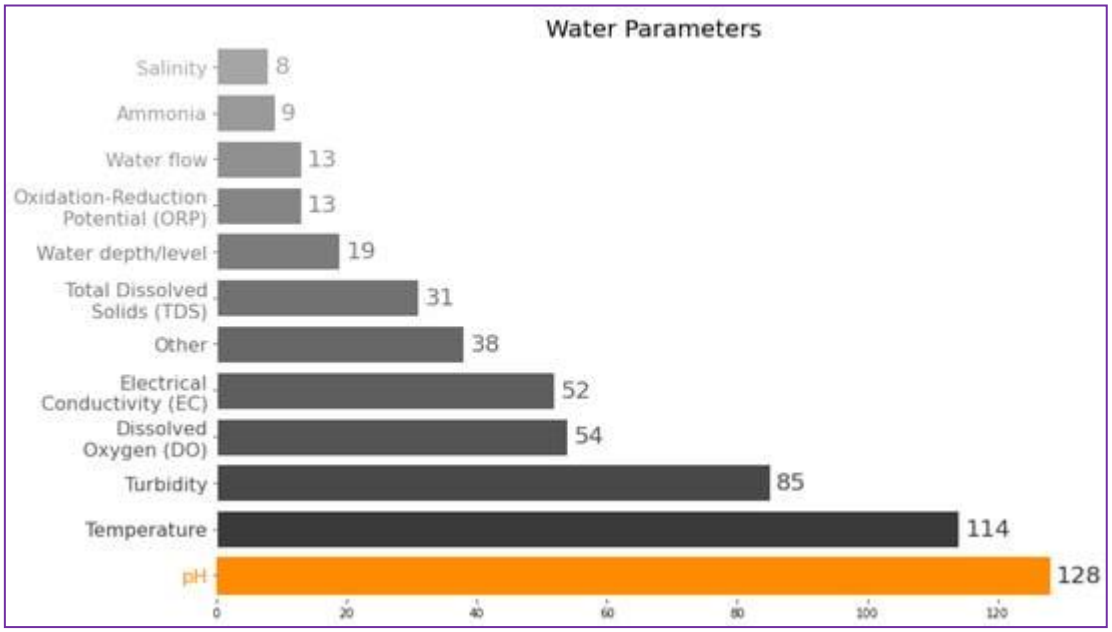
Хардверот и софтверот со отворен код, корисничкиот интерфејс и лесната интеграција со микроконтролери како **Arduino** или компјутерите со една плоча, на пример, **Raspberry Pi**, се сигурни параметри кои дефинираат сензор со ниска цена.

Температура, pH и DO се три најчесто користени типови сензори. **Raspberry Pi**, **Arduino**, **ESP, JXCT-Sensor Factory in China** се најчести пронајдени компјутери со една плоча.

Постојат неколку параметри поврзани со мониторингот на квалитетот на во-дата, чија комбинација ни овозможува да утврдиме дали водата на одредено водно тело е погодна за одредени критични намени, како што се човечка исхрана, потрошувачка за животни, земјоделство, аква-култура , и така натаму.

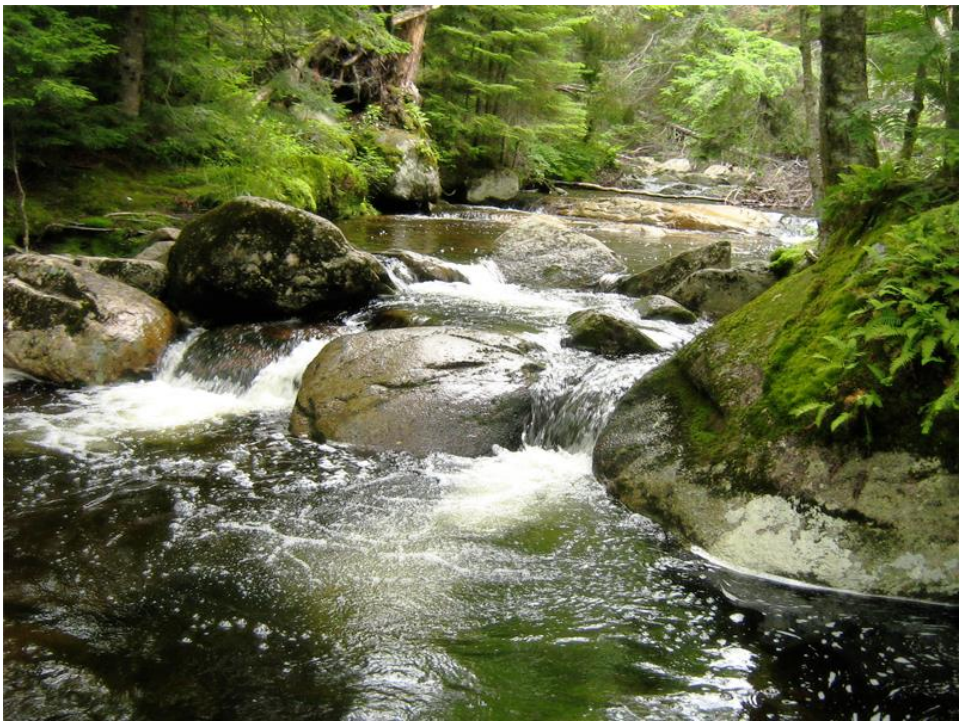
Слика 3 ги прикажува главните параметри измерени во написите оценети во овој SLR. Неколку статии измериле повеќе од еден параметар, а сликата го сумира вкупниот број на статии по параметар. Може да се забележи дека параметарот измерен во поголем број артикли е **pH** (90%), потоа **температура** (80%), заматеност (59%), DO (38%) и EC (36%). Од овие параметри, само EC се смета за комплементарен параметар во дефиницијата за квалитетот на водата, бидејќи е тесно поврзан со соленоста и овозможува да се извлечат заклучоци за содржината на растворени соли во водата. Информациите за соленоста и EC се клучни за класифицирање на водата како солена, соленикава или свежа,

што помага да се дефинира нејзината употреба во региони со недостиг на свежа и/или вода за пиење.



Слика 3. Измерени параметри за квалитетот на водата

Конечно, други параметри поврзани со квалитетот на водата беа измерени и поретко споменати во рецензирани статии: TDS, ORP, BOD, Флуоресцентна растворена органска материја (fDOM), суспендирани цврсти материи, вкупен азот, концентрација на растворена органска материја, амонијак, нитрати, нитрити, железо и магнезиум, меѓу другото.



Дополнително, околу 13% од студиите споменале параметри кои не се директно поврзани со квалитетот на водата, туку со хидролошките карактеристики (**морфологија на водните ресурси**). Тие вклучуваат ниво/длабочина на водата, притисокот и протокот.

Прилагоден сензорски систем со соларна енергија за следење на квалитет на вода – Дигитален мулти-параметарски контролер за квалитет на вода

Целосно лебдечка автоматска станица на сончевата енергија за собирање податоци за следење на квалитетот на водата со пловци. Интелигентен онлајн систем за следење комбинира технологија за пренос на податоци, технологија за cloud computing, технологија за снабдување со сончева енергија и модуларна технологија за мерење. Системот има карактеристики на автоматско континуирано онлајн мониторинг, автоматско чистење, напојување со сончева енергија, безжичен пренос, без надзор.

Основни функции:

1. Општ дизајн: интегрирано мониторирање на квалитетот на водата, безжичен пренос и напојување со сончева енергија, лесен за користење.
2. Работење во облак: стандарден протокол Modbus RTU; обезбедува поставување на облак, работа, прикажување на аларм и други функции.
3. Помала потрошувачка на енергија: користи соларна енергија и може да работи континуирано во дождливи денови.
4. Работна средина: може да работи нормално во средина од -20 ℃ ~ 55 ℃ и може да се прилагоди според различни региони.
5. Практична инсталација: нема потреба од работа на отворено, брза инсталација, заштеда на труд,
6. Автоматско чистење: редовно автоматско чистење со програмска контрола за да се осигури дека интерфејсот за мерење на сензорот е чист.

Избор на параметри: pH, спроводливост, растворен кислород, замаетност, температура, COD, амонијак азот, ORP, хлорофил, BGA, флуор, хлорид, транспарентност, нитрат, итн.



6. Апликации за мониторинг на квалитет на вода

Апликациите за мониторинг на животната средина се неопходни за генерирање информации за квалитетот на животната средина околу нас, вклучително и дали се подобрува, се влошува или останува иста. Видот на податоци што ги произведуваат апликациите за мониторинг на животната средина помага во донесувањето одлуки, и од страна на владите и од страна на приватните актери. Секако, креаторите на политики имаат потреба од точни, сигурни информации од применетиот мониторинг на животната средина, а исто така и општинските инженери, експертите за јавно здравје, првите реагирачи кои се занимаваат со еколошки вонредни состојби, земјоделците, шумарите, ловците и корисниците на рекреативни диви животни, се потпираат на овие апликации.

Видови на апликации

- Мониторинг на заматеноста на места за багерирање.
- Мониторинг на растворен кислород во хидроенергетски објекти.
- Мониторинг на чистење на мостови и крајбрежни објекти.
- Профилирање на температура во езера.
- Мониторинг на езера во внатрешноста.
- Мониторинг на потоци и реки.
- Системи за предупредување од поплави.

Создавање план за мониторинг на животната средина

Дизајнирање планови за мониторинг на животната средина вклучува избор на вистинска почетна точка и поставување цели во однос на неа, така што напредокот може сигурно да се процени. Овие цели можат да мерат усогласеност со прописите за животна средина, ефикасноста на мерките за спроведување или само промените со текот на времето. Од клучно значење за секоја ефикасна апликација за мониторинг на животната средина е стратешка, координирана визија за клучните фактори:

- што ќе се следи;
- како различните апликации и системи за мониторинг на целите се вклопуваат заедно; и
- како корисникот планира да ги пријави или користи информациите.

Добро дизајнираните апликации за мониторинг на животната средина можат да помогнат во намалувањето на трошоците за програмите за управување со животната средина со стеснување на фокусот, идентификување кои проблеми се најитни и овозможување поефикасно насочување на ресурсите. Апликациите за мониторинг на животната средина на терен можат да се подобрат со моделирање.

Генерирање на висококвалитетни податоци од применет мониторинг на животната средина

Обезбедувањето квалитет и најдобри практики во секој чекор во процесот на мониторинг помага да се добијат сигурни, висококвалитетни резултати. Различни власти идентификуваа што ги прави статистичките податоци робусни и сигурни. Истите овие квалитети можат да ни помогнат да ги оцениме апликациите за мониторинг на животната средина додека ги прилагодуваме за секоја употреба.

Достапност: Достапните информации се лесни за добивање, достапни по разумна цена, презентирани во формат до кој луѓето можат да пристапат и транспарентни за наменетата публика.

Точност: Точните информации опишуваат сѐ што е дизајнирано да се мери правилно, според моменталната состојба на технологијата.

Кохерентност: Кохерентните информации користат стандардни методи, класификации и концепти и можат да се комбинираат во рамките на заедничка аналитичка рамка со други поврзани информации собрани во други времиња.

Леснотија на толкување: Леснотијата на толкување обично се постигнува со обезбедување дополнителни информации што помагаат да се објасни точноста на статистичките информации; методите на собирање и обработка на податоци; и основните класификации, варијабли и концепти.

Релевантност: Релевантните информации ги разјаснуваат прашањата што се важни за корисниците.

Навременост: Навремените информации се достапни што е можно поскоро и што е можно поблиску до мерењето.

Иако ниту еден од овие фактори не е клучен кога станува збор за проценка на апликацијата за следење на животната средина, сите можат да влијаат врз проценката на нејзиниот квалитет.

Употреба на апликации во мониторинг на животната средина

Мониторингот на животната средина е од клучно значење за разбирање на тоа како се менува квалитетот на нашата животна средина. Информациите собрани преку мониторинг на животната средина се од суштинско значење за донесување одлуки базирани на податоци. Секако, ова влијае на креаторите на политики, но исто така влијае на многу организации и поединци надвор од владата:

Официјални лица за јавно здравје и други **даватели на здравствени услуги** имаат потреба од информации за краткорочни и долгорочни влијанија врз животната средина. На пример, краткорочно еколошко прашање на лошиот квалитет на воздухот влијае на можноста за лекување на пациенти со астма и потреба од издавање предупредувања за смог. Долгорочно еколошко прашање на токсични супстанции во подземните води може да биде релевантно и за здравствените работници.

Општинските инженери мора да знаат за потенцијалните токсини во изворите на вода за да можат да ги третираат, како и за потенцијалните максимуми на нивото на водата за да можат да дизајнираат системи за контрола на поплави. Актуарите за осигурување исто така треба да го разберат еколошкиот ризик.

Првите реагирачи мора да ја разберат природата на токсичните настани за да знаат како да реагираат и да ги третираат преживеаните и како ефикасно да ја користат безбедносната опрема.

Земјоделците треба да ги разберат нивоите на хранливи материи во површинските води за да можат да помогнат во управувањето со истекот, а воедно да ја одржат плодна нивната земја.

Индустриските концерни мора да ги следат ефектите врз животната средина што ги имаат врз нивната околина за да обезбедат усогласеност со регулативите и безбедност на работниците.

Најдобри практики во мониторингот на животната средина

Најуспешните апликации за мониторинг на животната средина споделуваат неколку карактеристики:

- Тие се добро координирани со други апликации и системи што ги следат истите области.
- Тие се резултат на интегрирани напори во име на сите заинтересирани партнери.
- Контролата на квалитетот е дел од дизајнот, а алатките ја одразуваат најсовремената технологија.
- Извештаите се дизајнирани да информираат, да бидат јасни и корисни. и
- Ресурсите што се користат во напорите за мониторинг се користат ефикасно.

Промисленият дизајн заедно со внимателното управување оди многу далеку во апликациите за мониторинг на животната средина. Имајќи го тоа предвид, еве некои најдобри практики за апликации за мониторинг на животната средина:

Дизајнот на апликациите за мониторинг треба да ги опфати:

- целите на системот,
- целите за мониторинг,
- употребата на податоците,
- вклучувањето на засегнатите страни, и
- кои индикатори да се подготват.

Параметрите за времето и географијата, како што се **густината**, **фреквенцијата**, **локацијата** и **времето на станиците за мониторинг**, треба да се утврдат однапред.

Стратегиите за имплементација, вклучувајќи ги методите за земање примероци, треба да бидат документирани и тестирани. Целиот персонал треба да биде целосно обучен за сите стратегии и методи. Алтернативни техники треба да бидат воспоставени доколку се појават проблеми што ги прават оригиналните планови нефункционални.

Техниките за собирање податоци треба да се применуваат според утврдени, документирани протоколи. Евиденцијата за сите собрани податоци треба да се чува на конзистентен начин. Сите примероци и записи треба да се архивираат.

Контролата на квалитетот е важна. За да се обезбеди висок квалитет на податоците, тестираните техники се применуваат доследно. Треба да се забележат сите отстапувања. Да се користат воспоставени контроли за квалитет на податоците во зависност од тоа што сме земале примероци или следеле.

Синтезата и анализата на податоците треба да се придржуваат до сите индустриски или научни стандарди што постојат. Податоците треба да се сумираат и претвораат во графикони или мапи. Да се пресметаат индикатори за споредба со резултати од други локации и времиња на земање примероци. Да се користат техники што се статистички исправни.

Комуникацијата и известувањето треба да бидат транспарентни и конзистентни. Детално да се опишуваат податоците и да се вклучува дискусија за ограничувањата.

Евалуациите и ревизиите на апликацијата за следење треба:

- да се фокусираат и на процесот и на исходот,
- дали се постигнати целите,
- какви било дополнителни прашања што ги поставила апликацијата,
- можности за подобрување.

Мониторинг на растворен кислород во хидроенергетските објекти

Зошто е важно следењето

Во Соединетите Американски Држави има околу 2500 хидроенергетски објекти, кои произведуваат приближно 7% од електричната енергија во САД. Освен што се обновлив извор на енергија, овие брани можат да функционираат и како точка за снабдување со вода и контрола на поплави. Како пречка на ре-

ката, хидроенергетските брани влијаат на **протокот на вода**, **миграциите на мрестењето** и **квалитетот на водата**.



За да се обезбеди дека имаат минимално влијание врз животната средина и природниот проток на потоци, се воспоставени државни и федерални прописи за минимални стандарди за квалитет на водата. Една таква регулатива е **следењето на растворениот кислород**. Растворениот кислород **е водечки фактор** во квалитетот на водата, а хидроенергетските брани можат драстично да ги променат нормалните нивои. Водата што се пренасочува низ хидроенергетски објект обично има многу пониско ниво на растворен кислород од остатокот од екосистемот. Кога оваа **недоволно аерирана вода** се испушта низводно, таа ја намалува содржината на кислород во остатокот од реката, загрозувајќи го водниот живот под браната. Системот за следење на растворен кислород гарантира дека нивоите на растворен кислород над и под браната се постојано (конзистентно) слични.

Федералната комисија за регулирање на енергетиката (FERC -The Federal Energy Regulatory Commission) и други федерални и државни агенции воспоставија процедури за известување и ограничувања за растворен кислород за работењето на хидроенергетските објекти. Овие процедури за следење и известување работат на минимизирање на влијанијата на браните врз локалните водни живеалишта. FERC, исто така, предлага мерки за ублажување кога концентрациите на растворен кислород паѓаат под прифатените нивои. Напорите за следење на растворениот кислород им овозможуваат на менаџерите за операции:

- веднаш да ги спроведат овие мерки за ублажување, и
- да ја минимизираат деградацијата на екосистемот.

Регулаторни пристапи: Преглед на лиценцирање на FERC

Речиси сите нефедерални хидроелектрични објекти по функција се должни да поднесуваат извештаи до Федералната комисија за регулирање на енергијата (FERC). Иако FERC е одговорна за издавање лиценца за работа, детални еколошки прописи и барања во рамките на таа лиценца се под влијание на државните и другите федерални агенции.

Државниот оддел за природни ресурси (DNR - Department of Natural Resources) честопати ќе наложи Сертификација за квалитет на водата по член 401 (а) според Законот за чиста вода. Оваа сертификација ги наведува барањата за следење за одржување на усогласеност со државните стандарди за квалитет на водата. Сите препорачани или задолжителни напори за следење и ублажување генерално се вклучени во лиценцата за хидроенергија на FERC.

Лиценцата на FERC утврдува должности, услови и мерки за работа специфични за објектот. Тие можат да вклучуваат минимален проток, ублажување, стандарди за мерење (како што се минимуми на растворен кислород) и наративни критериуми (живеалиште и воден свет). Овие правила ќе варираат од држава до држава, па дури и од локација до локација, врз основа на структурата на браната и потенцијалот за деградација на животната средина. Мора да се пријави и усогласеноста и отстапувањето од утврдените членови на лиценцата.

Повеќето лиценци за хидроенергија на FERC се издаваат за период од 30-50 години. Иако периодите на неконтролирано непочитување (поради временски услови или природни настани) сè уште мора да се пријават и корегираат, казни не се применуваат. Сепак, намерното или систематското непочитување може да се казни.

Хидроелектричните објекти од типот на акумулација имаат тенденција да се соочуваат со повеќе прописи за лиценцирање од другите. Создавањето резервоар или друга длабока акумулација може драстично да го промени локалниот пејзаж и водните живеалишта. Покрај ризиците од поплави, ерозија и дислокација, квалитетот на водата над и под браната може да страда. Немирните води, како и акумулациите, лесно се стратификуваат, во суштина создавајќи две средини во водата: горна и долна. Долниот слој на вода често станува **хи-**

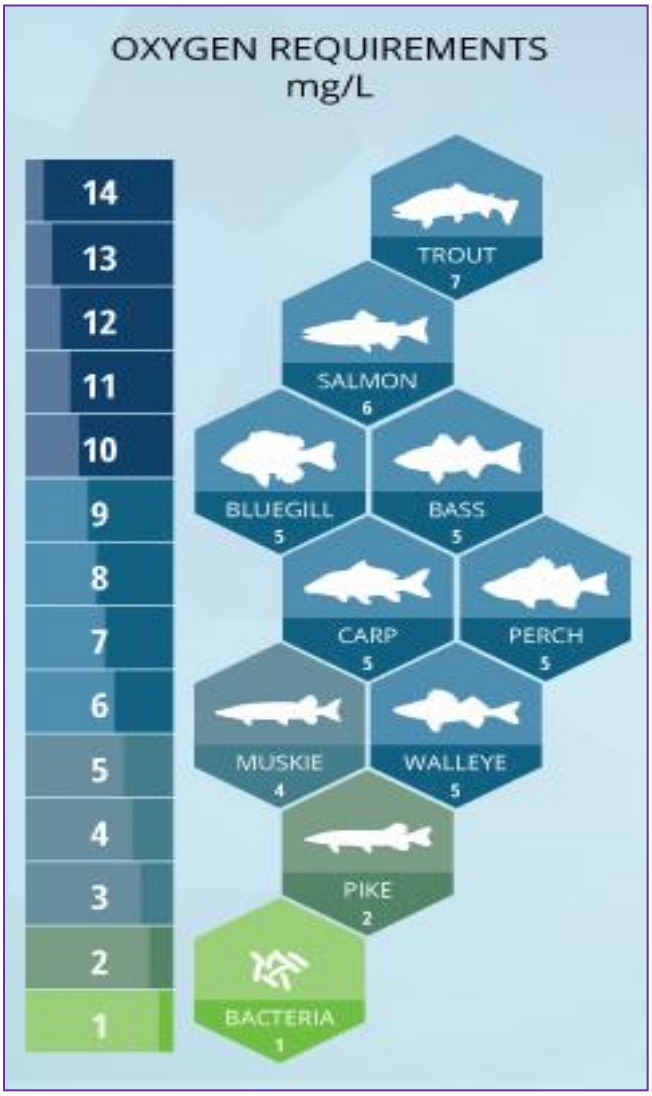
поксичен (**ниски нивои на растворен кислород**) поради недостаток на аерација и прекумерна побарувачка на кислород. Кога е поврзан со длабок хидроенергетски влез, водата осиромашена со кислород се испушта низводно, намалувајќи ја содржината на растворен кислород во целата река.



За да се минимизира ова влијание, лиценците на FERC може да бараат следење на растворениот кислород низводно, и во рамките на акумулацијата. Фреквенцијата на ова следење зависи од специфичните државни прописи, но континуиранот следење е вообичаено за длабоките хидроенергетски брани. При следење на растворениот кислород во хидроенергетските објекти, **достапноста на податоците во реално време** е клучна за покренување на навремени напори за ублажување. Дури и кога интервалите за земање примероци се неделно, можноста за брзо реагирање ќе ги минимизира негативните ефекти од ниското ниво на растворен кислород и ќе го врати усогласувањето со FERC.

Есенцијален (суштински) фактор - Минимални потреби за растворен кислород кај слатководните риби. Едно од најголемите влијанија што хидроцентралите ги имаат врз локалната средина е намаленото ниво на растворен кислород низводно. Оваа последица е загрижувачка, бидејќи растворениот кислород (DO - dissolved oxygen) е од витално значење за опстанокот на водните организми. Повеќето слатководни организми имаат потреба од нивои **над 5 mg/L за оптимален раст**, а видови како лосос бараат уште повисоки концен-

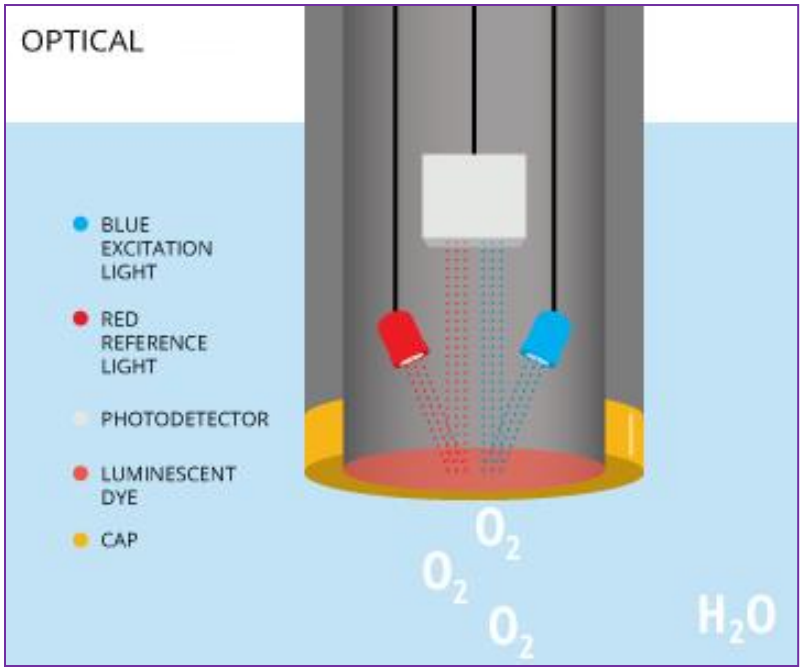
трации. Кога нивоите на DO се намалуваат, рибите и другиот воден свет може да ја напуштат областа или да умрат.



Додека концентрациите на растворен кислород природно флуктуираат поради ефектите на ветерот, подводната фотосинтеза и дишењето на организмите, хидроенергетските брани може да предизвикаат многу поненадејна и стрмна промена. Бидејќи резервоарите се обично доволно длабоки за стратификација, падот на нивои на DO често се должи на испуштена вода од дното на резервоарот (низок DO), за разлика од врвот (повисок DO). Оваа ниска содржина на растворен кислород може да биде предизвикана и од прекумерен раст на алги кои го трошат кислородот во акумулацијата. За да се минимизира каков било еколошки ризик од браната, нивоите на растворен кислород треба континуирано да се следат за атипични промени.

Технологија на растворен кислород

Пресек на оптички сензор за растворен кислород. Методот на титрација на Винклер долго време е прогласен за стандард за мерења на растворен кислород (DO). Сепак, титрациите одземаат многу време и се тешки за спроведување на терен. Наместо тоа, се користат **сензори за растворен кислород** бидејќи нудат резултати во реално време и имаат докажана точност што може да се спореди со методот Винклер. **DO сензорите можат да се користат во системи за следење во реално време** или за земање примероци на самото место и обезбедување квалитет. На пазарот постојат неколку видови сензори за растворен кислород, вклучувајќи поларографски, брзопулсирачки, галвански и оптички технологии.



Системите за следење на растворен кислород на хидроенергетските објекти обично користат потопен брзопулсирачки или оптички сензор за мерење на DO. Овие сензори можат континуирано да ги следат нивоите на растворен кислород над и под браната, обезбедувајќи моментални податоци за квалитетот на водата. Потоа може да се иницираат навремени мерки за контрола врз основа на влијанијата на објектот врз екосистемот.

Типичен систем за следење на DO

За многу хидроенергетски објекти, FERC бара да се следат нивои на растворен кислород со цел да се спречи уништување и расејување на водните живеалишта. Ова обично се прави со три станици за следење:

- една спротиводно (за податоци во позадина),
- една во рамките на акумулацијата (за анализа на ризик), и
- една низводно (на локација погодена од ослободувањето на браната).

За да бидат ефикасни, податоците за следење на растворен кислород треба да се обезбедуваат во реално време. Најлесниот и најефикасен начин да се направи ова е со интегриран систем за телеметрија. Снимачот на податоци може да поддржува сензори на повеќе длабочини, додека ги евидентира мерењата во однапред дефинирани интервали. Со телеметрија, системот потоа може безбедно да ги пренесува податоците на Интернет во реално време за пристап од кој било компјутер.

Интегрираните станици за евидентирање на податоци и телеметрија се прилагодливи врз основа на барањата за лиценца на FERC. Тие можат да сместат колку што е потребно сензори, а целата опрема се напојува преку централна батерија и систем за полнење на соларни панели. Со повеќе опции за телеметрија што може да се изберат, континуираните податоци во реално време се достапни од кој било компјутер. Ова осигурува дека работењето на хидроенергетскиот објект продолжува непречено, а сите контролни мерки можат веднаш да се спроведат ако раствореният кислород падне под утврдениот минимум.

Хидроенергетски објект - Типичен систем за следење на DO

Иако постојат неколку видови хидроелектрани, хидроелектранските брани се користат за производство на електрична енергија преку потенцијалната енергија на акумулираната вода. Потенцијалната енергија на акумулацијата се зголемува со длабочината, како и потенцијалот за стратификација. Водата што се ослободува од акумулацијата тече низ браната, генерирајќи електрична енергија, додека врти турбина.

Интегриран систем за евидентирање на податоци

Интегриран систем за евидентирање на податоци е станица за следење во реално време во која се сместени логерот на податоци (data logger), телеметрискиот модул (telemetry module) и напојувањето/полнењето (power/charging supply). Бидејќи генерално е скапо да се снабдува со наизменична струја до локација за следење, интегрирани соларни панели се користат за континуирано полнење на 12VDC батеријата за автономно работење.

Монтажен хардвер

Логерите на податоци може да се монтираат на sид или столб врз основа на локацијата и барањата за известување. Овие системи може да се инсталираат на браната или по мостови, столбови или други структури во реката или по брегот.

Цевководи за поставување

ПВЦ или метални цевки за поставување се инсталираат за да се заштитат сензорите за растворен кислород во водата. Цевката е перфорирана во близина на сензорот за да се овозможи соодветен проток на вода за репрезентативно мерење. Покрај заштитата на сензорите од остатоци, цевката помага да се обезбеди опремата во фиксна позиција за квалитетни податоци и нуди лесно отстранување за калибрација.

Сензор за растворен кислород

Растворениот кислород (DO) е примарен индикатор за квалитетот на водата бидејќи водните организми го бараат за да преживеат. **Брзо-пулсирачки** и **оптички DO сензори** можат да се распоредат од далечина за мерење на растворен кислород нагоре и надолу од браната. Сензорите можат да висат на повеќе длабочини во водниот столб за да идентификуваат проблеми со стратификација и можат да следат самостојно или во повеќе-параметарска сонда.

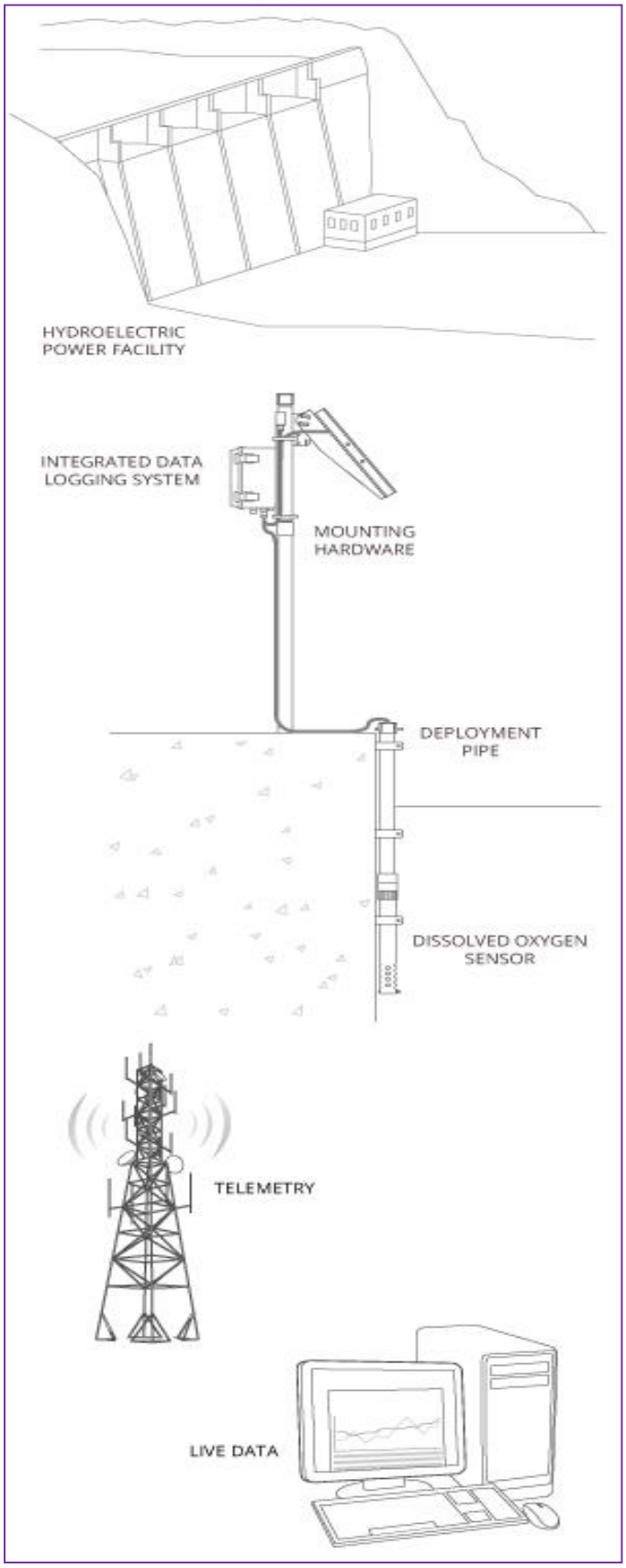
Телеметрија

Телеметријата испраќа податоци за следење до централен компјутер или веб-базиран центар за податоци во реално време. Безжичната комуникација може да биде **радио-до-брег** (radio-to-shore), **мобилна** или **сателитска**.

Податоци во живо

Податоците **можат да бидат достапни 24/7 преку онлајн центар за податоци**. Мерењата на растворен кислород може да се гледаат во реално време или како графикон за да се видат трендовите. Автоматизираните извес-

тувања може да се испраќаат преку текст или е-пошта во реално време кога растворениот кислород ќе падне под минималните стандарди.



Мониторинг станици

Пример: Изградба на NexSens станица за евидентирање на податоци монтирана на јарбол.

Бројот и локацијата на FERC задолжителните мониторинг станици во голема мерка ќе зависат од барањата за лиценца и структурата на објектот. Вообичаените барања за мониторинг на растворен кислород вклучуваат три станици. Секоја станица треба да вклучува систем за телеметрија за евидентирање на податоци и онолку сензори колку што се потребни. Овие станици можат да бидат базирани на бови - пловци (buoy-based), или монтирани на структура.



Избор на локација

Потребните локации за следење можат да бидат спротиводно, низводно или во рамките на акумулацијата. Мониторските станици за спротиводно може да се инкорпорираат за податоци во позадина доколку стандардите за квалитет на водата не се диктирани од државата. Мониторските станици за акумулација можат да следат повеќе длабочини за податоци за стратификација или едноставно да го следат растворениот кислород во близина на доводот. Мониторските станици за низводно може да се најдат на излезот, во базенот за смирување или одводот, после брана или понатаму низводно од објектот.

Мониторските станици за растворен кислород треба да се постават на фиксни локации за точни податоци. Монтираните системи може да се постават на структура на брегот или во водата, вклучително и на столб, мост, брана или конструкција на брани. Без разлика дали се монтирани на ѕид или столб, сензорот треба да биде суспендиран во перфорирана ПВЦ или метална цевка во водата. Телеметриските системи базирани на структура се лесни за поставување каде што е потребно следење.

Доколку е потребно да се соберат сеопфатни податоци од воден столб, систем базиран на бова (пловечки) може да биде поефикасен. Бовата за податоци често се користи во рамките на резервоар за целосен профил на квалитетот на водата. Системите базирани на бови обезбедуваат стабилна платформа што може да се постави насекаде во водниот пат. Овие системи можат да поддржат повеќе сензори помеѓу површината и дното на водниот столб, обезбедувајќи подобар увид во стратификацијата. Како и системите базирани на структура, бовите за податоци содржат логер на податоци, батерија на сончева енергија и телеметрија за далечинска комуникација и долги распоредувања. Додека бовите за податоци се достапни во неколку големини врз основа на оптоварувањето на сензорот и состојбата на водата, бовите со нето пловност од 150 до 450 lb се генерално соодветни за следење на резервоари и реки.

Возводно (Upstream)



Нагорно мониторинг станиците може да бидат базирани на структура или пловка. Овие системи обично се потребни доколку државните стандарди за квалитет на водата се флексибилни или не се применливи. Систем за мониторинг возводно од хидроенергетска брана обезбедува позадински податоци за очекуваните нивои на растворен кислород, бидејќи оваа вода сè уште не е погодена од објектот. Овие податоци потоа може да се споредат со мерењата направени низводно од браната за да се види колкаво влијание има електраната врз квалитетот на водата.

Резервоар/Акумулација

Езерските живеалишта се многу различни од речните живеалишта. Како што протокот е побавен, а водниот столб е подлабок, многу карактеристики на водата ќе се променат. Пловните бови обично се користат за следење на промените во квалитетот на водата во акумулациите. Длабоките акумулации и акумулациите имаат многу поголема веројатност да се стратификуваат, што создава два одделни водни екосистеми, горен и долен, често со многу различни концентрации на растворен кислород. Бидејќи пловните бови можат да бидат центрирани во најдлабокиот дел од резервоарот и да поддржуваат повеќе сензори низ целиот водниот столб, тие се идеални за овие услови за следење.

Влив

Некои лиценци на FERC бараат следење на растворениот кислород, особено на влезната точка на браната. Ова е точката каде што водата влегува во објектот за производство на електрична енергија. Следењето на влезот обично се врши со монтиран телеметриски систем, бидејќи опремата лесно може да се прикачи на структурата на браната со сензорот фиксиран во водата. Длабоките хидроенергетски вливови имаат поголема веројатност да повлечат вода без кислород низ објектот, а следењето на влезот и излезот ќе обезбеди податоци за тоа колку таа вода ќе влијае на речниот систем.

Излез/Излез на хидроенергија

Излезот на хидроенергијата е најважната локација за следење на растворен кислород. Во овој момент водата со намален кислород се испушта во реката, влијаејќи на остатокот од водниот систем. Обично се монтираат станици за следење на излезот, иако можат да бидат и пловки. Податоците од стани-

цата за следење на растворен кислород на излезот ќе утврдат колку ослободената вода ќе влијае на животната средина и дали треба да се преземат мерки за ублажување.



Слив за смирување

Слив за смирување може да се најде директно под браната. Додека повеќето проблеми со хидроенергетските брани се вртат околу прениските нивои на растворен кислород, сливот за смирување може да се соочи со спротивен проблем, особено ако излезот е подалеку низводно. Овој слив се користи за задржување и забавување на водата од преливникот, која често е презаситена со воздух. Додека водата од преливникот внесува кислород за рибите подолу, **презаситеноста** може да предизвика болест на гасни меурчиња. Мониторинг станиците во сливот за смирување често ги мерат вкупните растворени гасови покрај растворениот кислород за да се обезбедат квалитетни нивои на DO, а воедно да се спречи **презаситена вода**.

Низводно

Мониторингот на растворен кислород низводно ќе обезбеди податоци што ги покажуваат вистинските ефекти од **обезкислородна** вода врз речниот систем. За разлика од потпирањето на модели на проток базирани на податоци за зафат/излез, мониторингот низводно ги открива вистинските влијанија на хи-

дроелектраната. Сепак, бидејќи се подалеку, нема да дозволат толку брз одговор за ублажување ако нивоите се под прифатениот минимум.



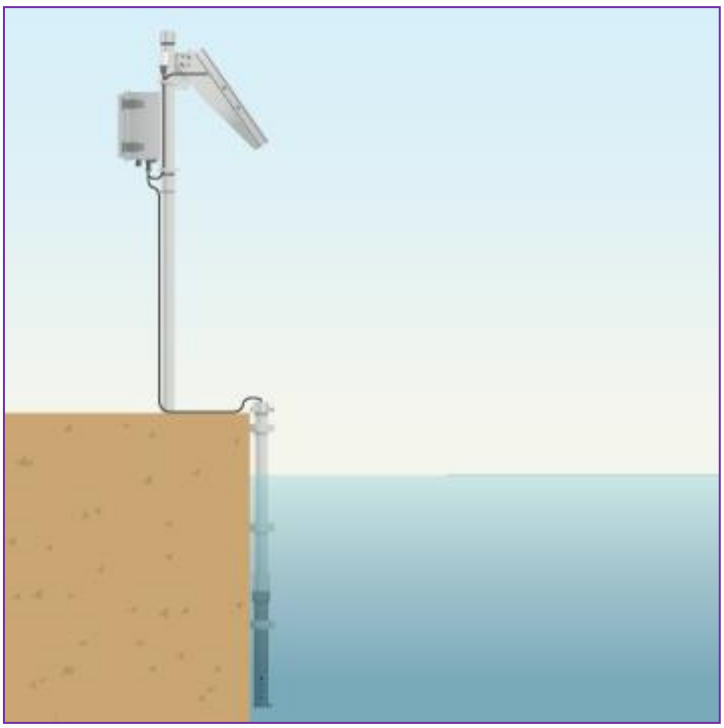
Пред-распоредување

За да се обезбедат точни податоци, сите сензори треба да се калибрираат пред инсталацијата, а потоа редовно. Доколку се користи систем базиран на бова (пловак), платформите треба целосно да се склопат на брегот пред распоредувањето. Без оглед на поставеноста и локацијата на станицата, секој комплетен систем за следење на растворен кислород (сензори, логер на податоци, телеметрија, софтвер) треба да се тестира пред распоредувањето. Иако овој процес осигурува дека целата опрема функционира во рамките на спецификациите, тој исто така им дава можност на сите да се запознаат со системот пред распоредувањето. Проблемите секогаш се полесни за решавање пред инсталација отколку потоа.

Монтирано распоредување

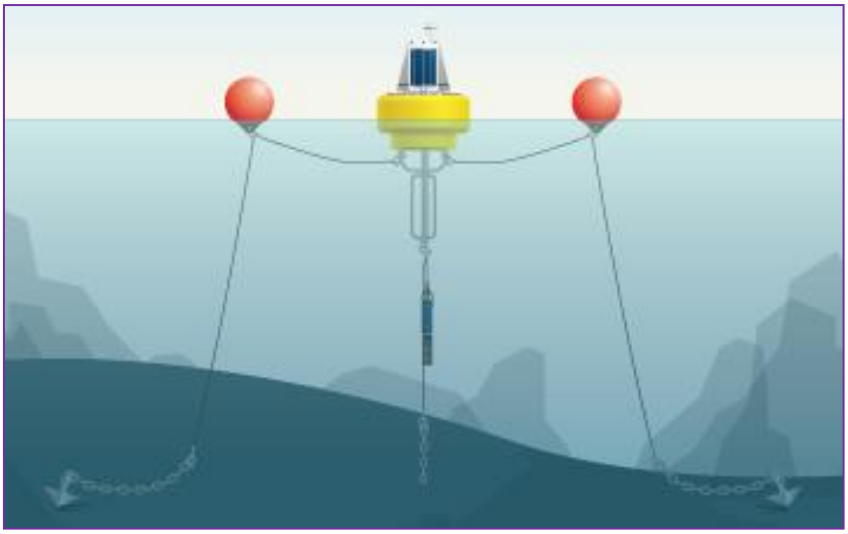
Монтираните системи за следење на растворен кислород може да се постават насекаде каде што има структура. Вообичаените локации за распоредување вклучуваат монтажа на столб или ѕид на брана, мостови, пристаништа, пристаништа, железнички потпори и конструкции на брани. Системот може да

вклучува куќиште од не'рѓосувачки челик за да го заштити логерот на податоци и телеметрискиот модем од сурови временски услови и вандализам. Сензорите висат од станицата во водата во рамките на перфорирана ПВЦ или метална цевка. Оваа цевка ги штити сензорите од остатоци во водата, а сепак дозволува проток на вода за точни мерења. Употребата на цевка за распоредување, исто така, ги обезбедува сензорите во фиксна позиција за квалитетни податоци, а воедно овозможува лесно отстранување од водата за рекалибрација.



Распоредување базирано на пловци

За да се одржи фиксна позиција во водата, систем базиран на пловци мора да биде прицврстен на дното. При следење на растворениот кислород во резервоар, се препорачува прицврстување со две точки. Поставувањето со две точки ја одржува водната колона под пловакот за податоци отворен за сензорите да висат, без ризик од заплеткување со сидрата. Исто така, нуди поголема стабилност ако има струи или турбуленции на станицата. Оковот за прицврстување обично вклучува две пловки за обележување, сидра од не'рѓосувачки челик, долни ланци и сидра. За да се обезбеди најсеопфатен профил на квалитетот на водата, пловката треба да се распореди во најдлабокиот дел од водниот пат. Ова овозможува повеќекратни длабочини на мерење и најдобро ќе ги одрази карактеристиките на зафаќањето како целина.



Управување со податоци

Инженерот на NexSens работи со менаџерите на проекти за да ја постави апликацијата. Главен дел од известувањето на FERC е собирањето и пристапот до податоците за следење. Иако е можно рачно мерење и снимање на податоци на лице место, употребата на систем за евидентирање на податоци и телеметрија е поекономична. Можноста за зачувување, испраќање и прегледување на податоци од мерењата во реално време е ефикасна и практична, особено кога се потребни чести интервали за следење за одржување на усогласеноста. Податоците и известувањата во реално време, исто така, овозможуваат побрзо време на одговор кога се појавуваат неповолни услови.



Обезбедување на квалитет

Точните податоци ќе му помогнат на хидроенергетскиот објект да остане во согласност со прописите за лиценцирање на FERC. За да се одржат највисоки нивои на точност, најдобрата пракса препорачува чистење и калибрирање на сензорите во редовни интервали. Исто така, се препорачува вкрстена проверка на податоците од сензорите со посебен инструмент. Оваа вкрстена проверка потврдува дека податоците се точни и во рамките на спецификациите на сензорот. Исто така, ќе потврди дали електраната е во согласност со лиценцата.

Одржување на системот

Иако лиценцата на FERC можеби не бара експлицитно интервали за одржување на опремата за следење, периодичното одржување и калибрација се неопходни за да се спречи поместување на сензорот и да се обезбеди подолг век на траење на инструментот. Одржувањето на сензорот вклучува чистење (особено ако инструментот не се самобрише) и замена на сите оштетени или недостасувачки О-прстени за да се спречи навлегување на вода. Ако станицата за следење мери дополнителни параметри покрај растворениот кислород (како што се температура или вкупно растворените гасови), може да биде потребно дополнително сервисирање на терен. Интервалите за одржување во голема мерка зависат од технологијата на сензорот што се користи, условите на локацијата и варијаблите како што е потенцијалот за био-загадување. Сензорите за растворен кислород треба да се проверуваат и калибрираат на секои 2-4 недели или како што е препорачано од производителот.

Сензорите за растворен кислород бараат само калибрација во една точка, иако калибрацијата во две точки може да се користи за да се потврди точноста низ целиот опсег на мерење. Калибрацијата во една точка обично се прави при 100% сатурација на воздух, додека калибрацијата во две точки вклучува раствор со нула кислород. Растворот за калибрација со 100% сатурација на воздух може да се постигне со **вода заситена со воздух** или **воздух заситен со вода**. За долгорочни студии, се препорачува калибрација со вода заситена со воздух, иако калибрациите на воздух заситен со вода се полесни за спроведување на терен. Ако се изврши калибрација во две точки, растворот со нула кислород може да се направи или купи.

При следење на растворен кислород на брана за хидроцентрали, корисно е да се има резервен сензор или сонда на располагање. Чувањето резервен сензор за растворен кислород при рака ќе го намали времето на застој поради непредвиден дефект на сензорот, што може да влијае на известувањето на FERC. Доколку е потребно, резервниот сензор DO лесно може да се замени на терен за време на калибрацијата или рутинските проверки за одржување.

Онлајн центар за податоци - Моментален пристап до податоци за проектот

Најлесен начин за споделување и преглед на податоци за следење на животната средина е преку веб-базиран центар за податоци. Онлајн центарот за податоци нуди 24/7 моментален пристап до податоците за проектот преку кој било веб-прелистувач. Податоците за квалитетот на водата, времето, брановите и почвата може да се експортираат во центарот за податоци директно од логер на податоци или преку софтверот за проектот.

Оваа услуга за управување со проекти може да биде заштитена со лозинка или јавна и им овозможува на корисниците пристап до собраните податоци во реално време. Покрај сите информации специфични за проектот, онлајн интерфејсот може да обезбеди динамички мапи на областа, преклопени со информации за времето, неодамнешни и историски податоци, графикони на временски серии и статистички резимеа. Посетителите можат да комуницираат со мапите на проектот и да ги прегледуваат податоците за следење во реално време или трендовите на параметрите со текот на времето.

Но, овие центри за податоци базирани на облак се повеќе од само убаво лице. Многу од нив можат да бидат програмирани да испраќаат автоматски известувања за аларм кога мерењето на параметарот ги надминува однапред дефинираните граници. Овие граници се одредуваат со собирање податоци во позадина пред датумот на почеток на проектот со користење на опрема за земање примероци на самото место. Откако ќе се постави дозволен опсег на параметри, податоците се внесуваат во онлајн базата на податоци. Доколку нивоите на мерење го надминат овој препорачан опсег за време на проектот, центарот за податоци веднаш ќе издаде известување (текстуална порака и/или е-пошта) до соодветниот менаџер на проектот или оператор.

Со достапноста на податоци во реално време и системот за автоматско известување на центарот за податоци, менаџерите на проекти можат веднаш да бидат известени кога има проблем со мерењето на животната средина. Ова значи дека може да се имплементираат навремени процедури за контрола за да се променат операциите на проектот сè додека нивоата не паднат под максималната дозволена граница. Онлајн центарот за податоци може да го пренесе ова известување назад до логерот на податоци за да одговори на надминатиот опсег на параметри. Автоматизираните одговори може да вклучуваат почести отчитувања за време на високи периоди, а потоа продолжување на редовните интервали на евидентирање кога нивоата ќе се вратат во нормала.

Препорачана опрема



Иако постојат различни инструменти за следење на растворен кислород, некои се издвојуваат од останатите. Fondriest Environmental ги одбра овие производи како најдобри во својата област поради нивната точност, сигурност и вредност. Заедно, тие обезбедуваат иновативен и одзив систем за следење на растворен кислород во реално време. Оптичкиот сензор за растворен кислород YSI ODO RTU ја комбинира напредната луминисцентна технологија со сигурноста на паметен сензор - вклучувајќи складирање на калибрација и дигитален излез. Системот за евидентирање на податоци NexSens X2 пристигнува целосно склопен, тестиран и оперативен со интегрирана соларна енергија и избор на радио, мобилни и сателитски комуникации во реално време. Сам по себе, податоците во реално време се добри, но со далечинско собирање пода-

тоци, пристап 24/7 од кој било компјутер, моментални известувања за аларми и следење на трендови, интуитивниот WQData LIVE ги носи податоците во реално време на следно ниво.

7. Практично истражување

Практично истражување реализирав во лабораторијата за мерење и анализа на податоци за концентрации на загадувачи во воздухот, на Меѓународен Славјански универзитет. Користев сензорски монитори на компанијата Clarity од Беркли, Калифорнија, САД. Сензорските монитори се поставени на три (3) локации во градот Струмица и мерат параметри на загадувачи во воздухот.

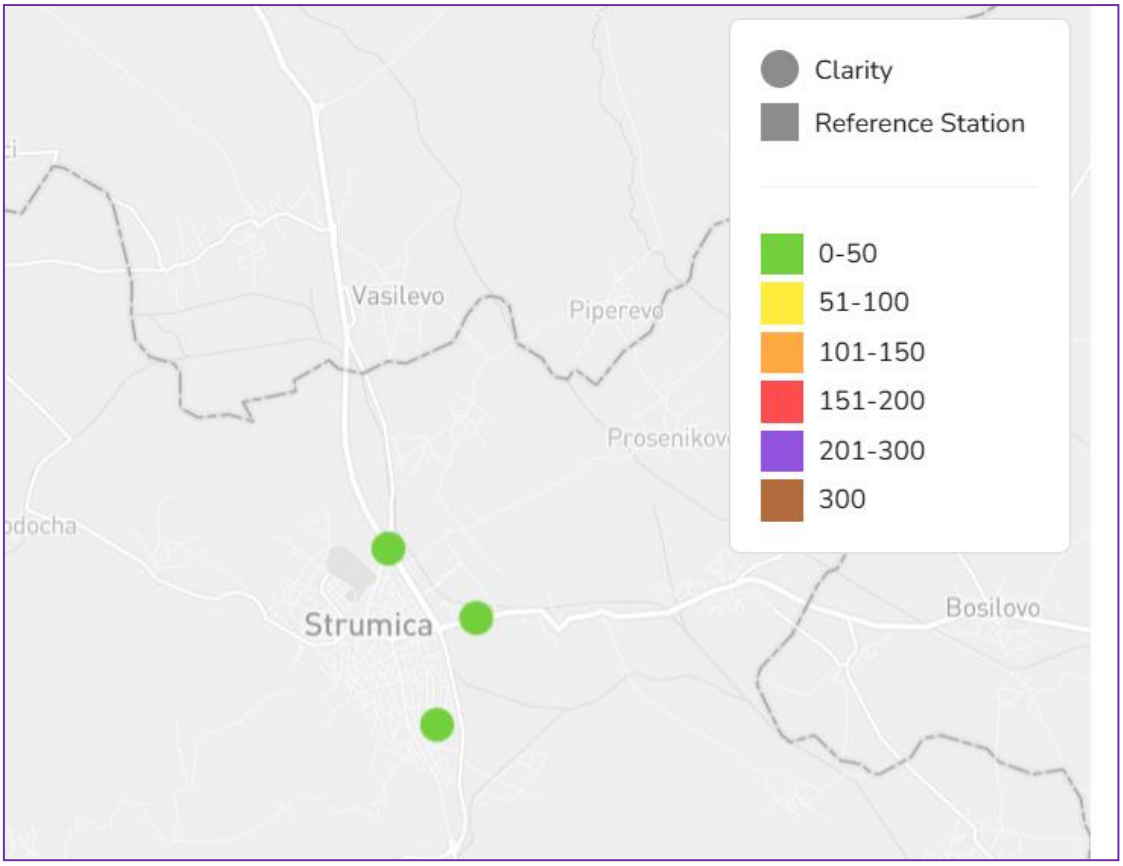
За анализа на податоците користев Clarity Open Map, cloud мрежа, и Clarity Dashboard, со кои реализирав визуелни графички анализи за повеќе сегменти на измерените податоци. Анализата ја реализирав со следење на концентрации на PM2.5 честички преку Индекс на квалитетот на воздухот (AQI – Air quality Index).

Истражувањето го реализирав на 2, 3 и 4 Maj 2025 година (петок, сабота, недела) за да се анализираат податоци за загадување во работен ден (петок) и неработни денови (викенд – сабота и недела).

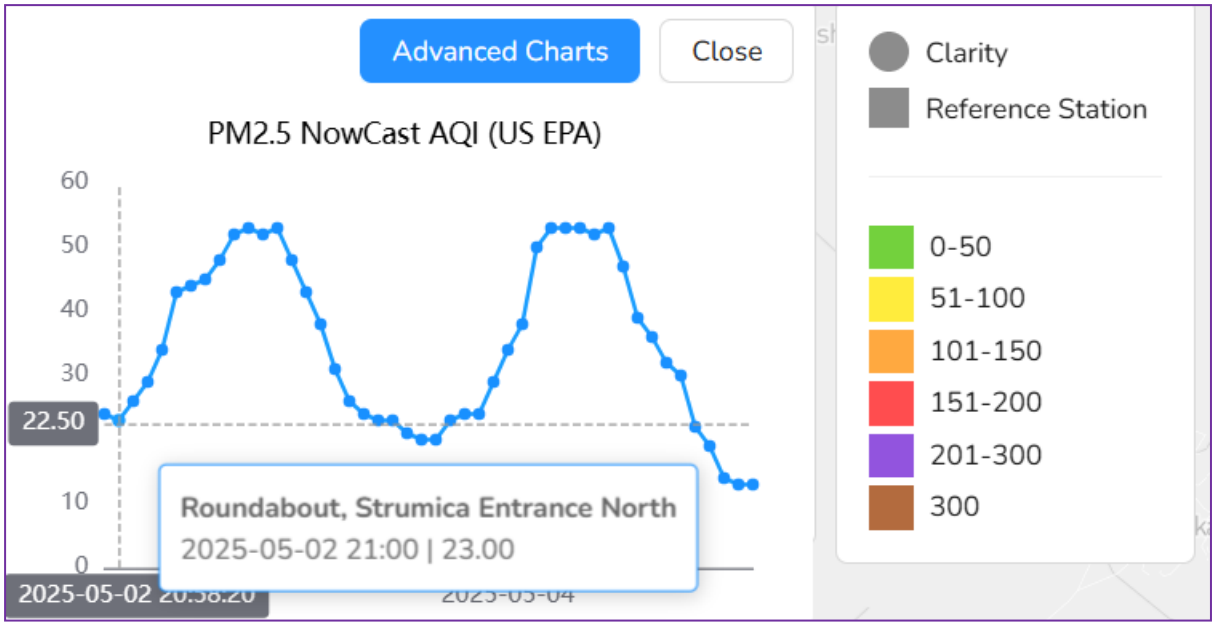
На слика 1 е прикажана просторна распределба на сензорските модули во градот Струмица и се прикажани референтните вредности (со содветна боја) за Индекс за квалитетот на воздухот (AQI). Во зависност од моменталните вредности на локациите, сензорските модули добиваат соодветна боја.

На слика 2 е прикажан графикон составен од измерени вредности на AQI за целиот временски интервал. Прикажани се измерени концентрации на часовно ниво. Во ови случај (во пресекот на две испрекинати линии) се прикажани концентрации со следните податоци:

- **Време на мерење**: 2 Maj, 21.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = 22.50 (ова спаѓа во интервалот од 0 до 50 – чист воздух, дозволено ниво).
- **Локација на сензорскиот монитор**: Кружен тек на влез во Струмица (север) (Roundabout Strumica Entrance North).



Слика 1. Локација на три сензорски системи во градот Струмица

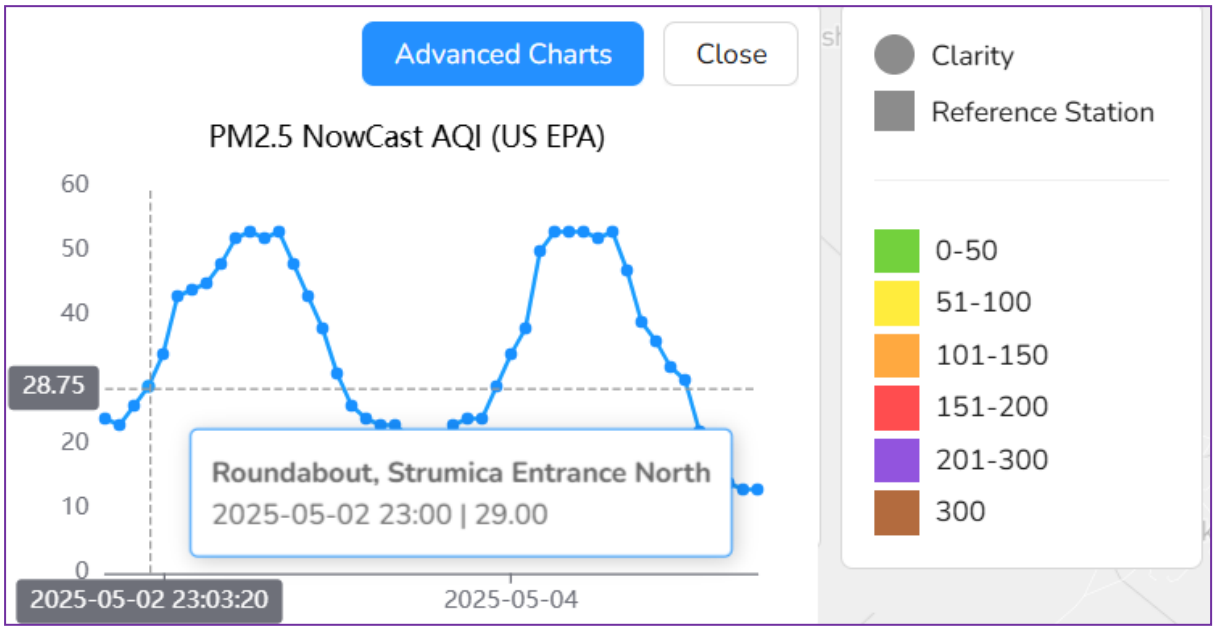


Слика 2. Графикон на AQI вредности (2 Мај, 21.00 часот)

На слика 3 е прикажан графикон на измерени часовни вредности од сензорски монитор на одредена локација. Се гледаат следните податоци:

- **Време на мерење**: 2 Мај, 23.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = 28.75 (ова спаѓа во интервалот од 0 до 50 – чист воздух, дозволено ниво).
- **Локација на сензорскиот монитор**: Кружен тек на влез во Струмица (север) (Roundabout Strumica Entrance North).

Се забележува дека вредноста на AQI (два часа подоцна) се зголемиле, но сеуште се во граници на дозволени вредности.



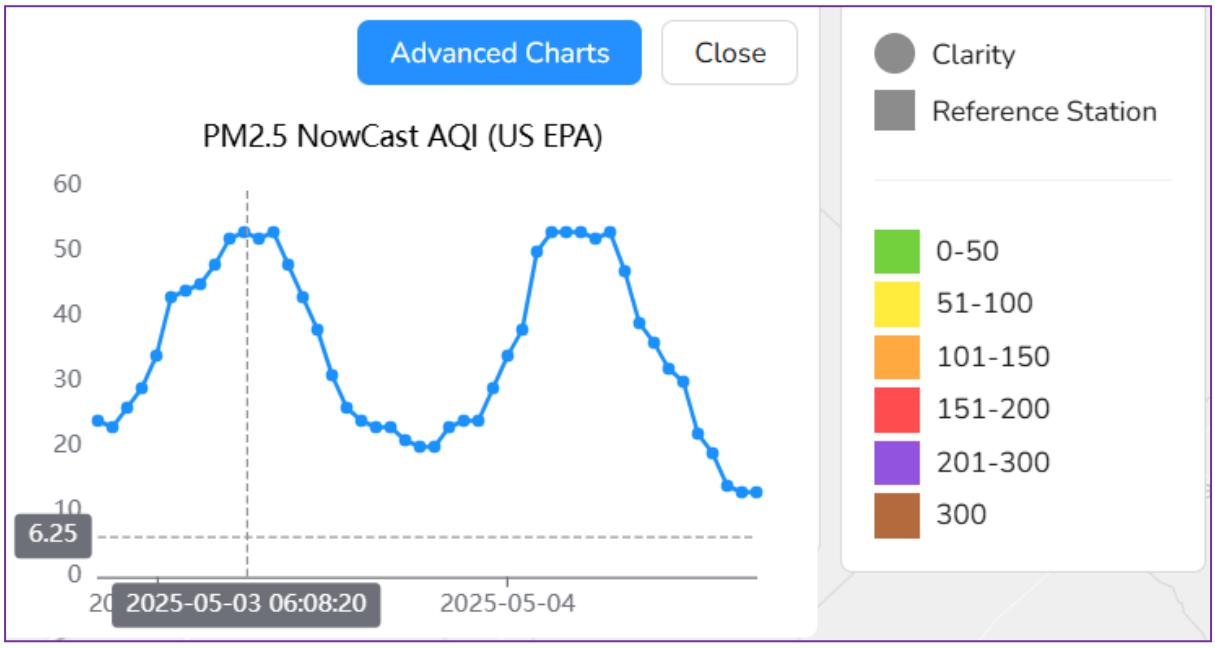
Слика 3. Графикон на AQI вредности (2 Мај, 23.00 часот)

На слика 4 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “Кружен тек, влез на Струмица, север“, на кој се прикажани следните податоци:

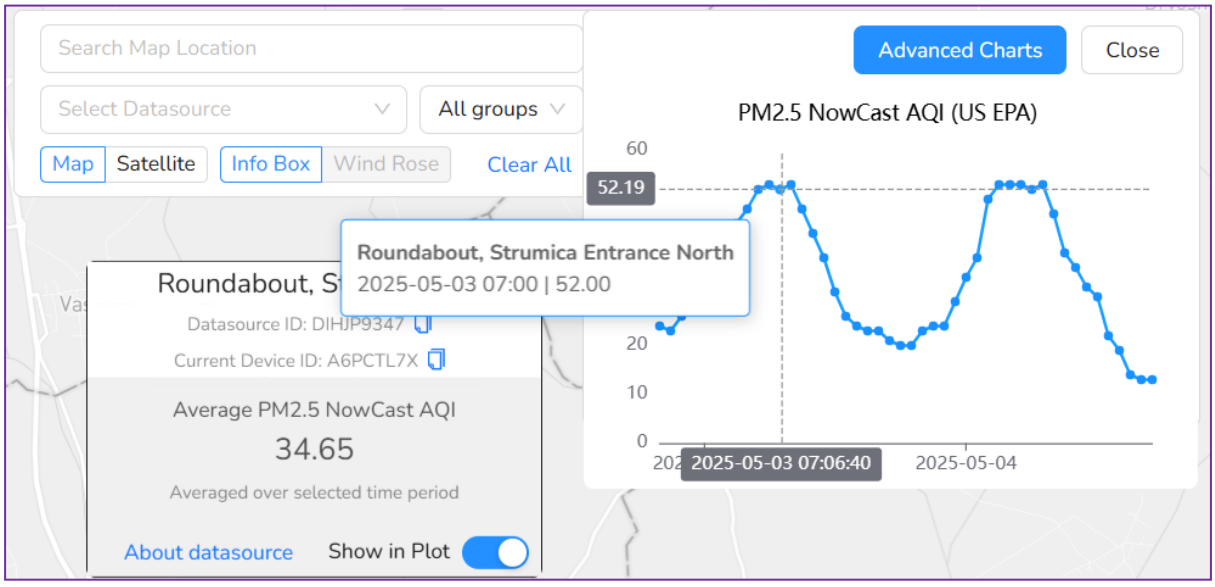
- **Време на мерење**: 3 Мај, 06.08 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = 51.45 (ова спаѓа во интервалот од 50 до 100 – умерено ниво на загаден воздух).
- **Локација на сензорскиот монитор**: Кружен тек на влез во Струмица (север) – урбан дел на Струмица.

На слика 5 е прикажан графички приказ на AQI вредности во временски период од 02.05.20225 до 04.05.2025 година. Добиени се и прикажани следните податоци и информации:

- **Време на мерење**: 3 Мај, 07.06 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = 52.00 (ова спаѓа во интервалот од 50 до 100 – умерено ниво на загаден воздух).
- **Просечна вредност на** AQI во целиот мерен интервал: **34.65**.



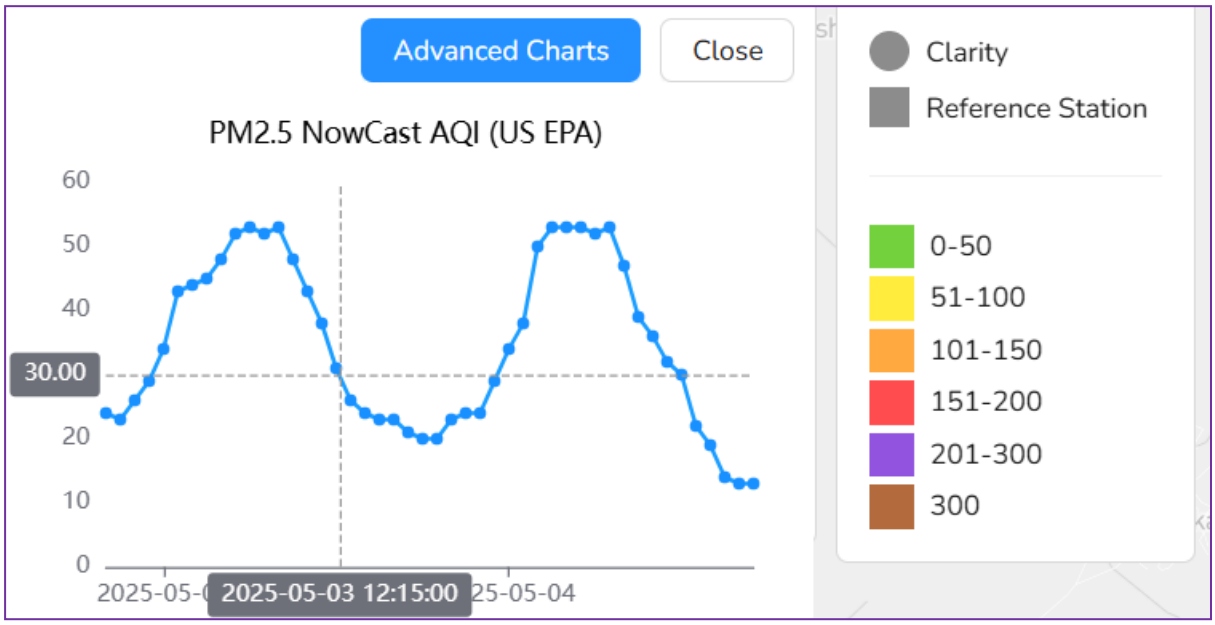
Слика 4. Графикон на AQI вредности (3 Мај, 06.08 часот)



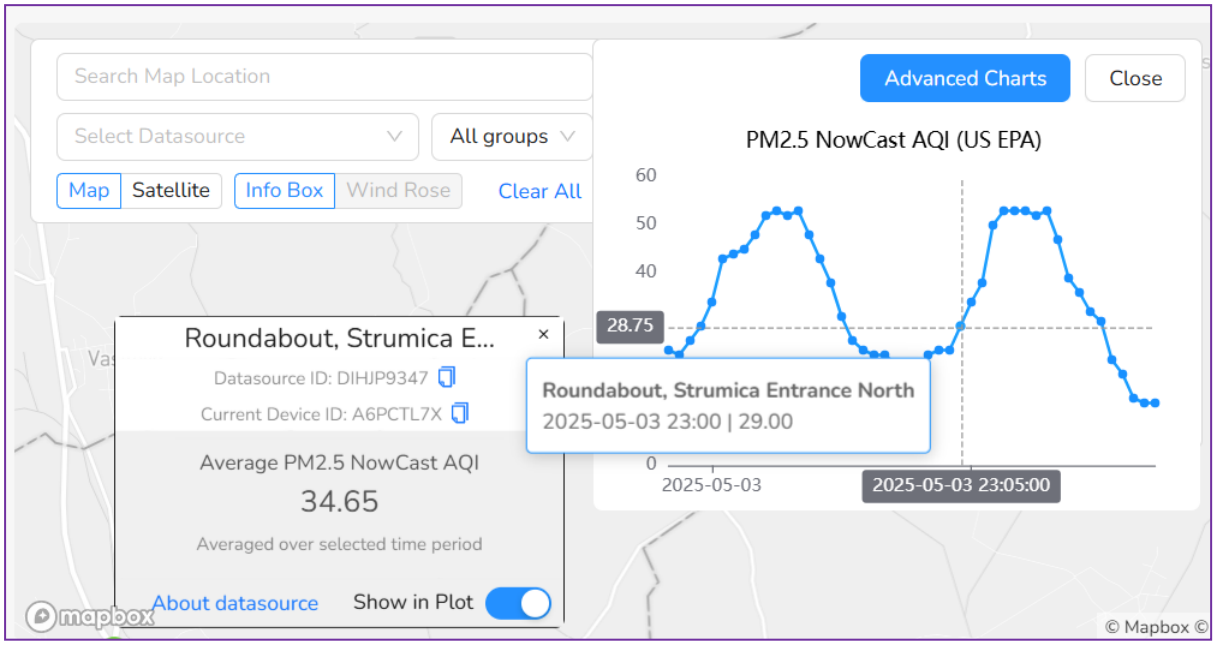
Слика 5. Графикон на AQI вредности (3 Мај, 07.00 часот)

На слика 6 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “Кружен тек, влез на Струмица, север“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 3 Мај, 12.15 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = 30.00 (ова спаѓа во интервалот од 0 до 50 – чист воздух).
- **Локација на сензорскиот монитор**: Кружен тек на влез во Струмица (север).



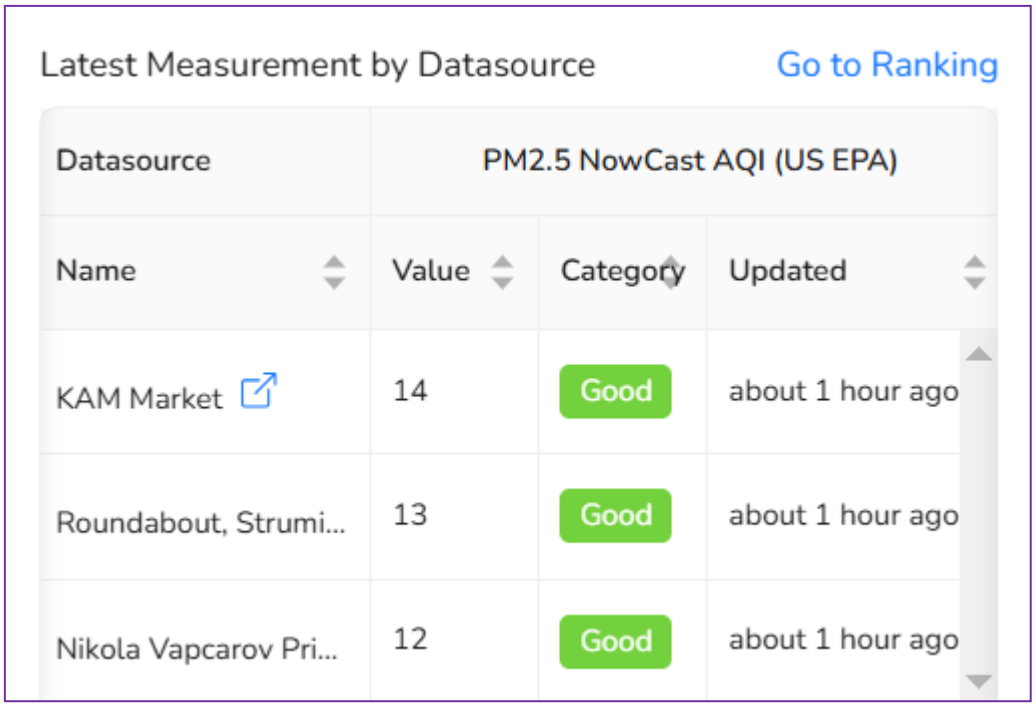
Слика 6. Графикон на AQI вредности (3 Мај, 12.15 часот)



Слика 7. Графикон на AQI вредности (3 Мај, 23.00 часот)

На слика 7 е прикажан графички приказ на AQI вредности во временски период од 02.05.20225 до 04.05.2025 година. Добиени се и прикажани следните податоци и информации:

- **Време на мерење**: 3 Мај, 23.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = 28.75 (ова спаѓа во интервалот од 0 до 50 – чист воздух).
- **Просечна вредност на** AQI во целиот мерен интервал: **34.65**.



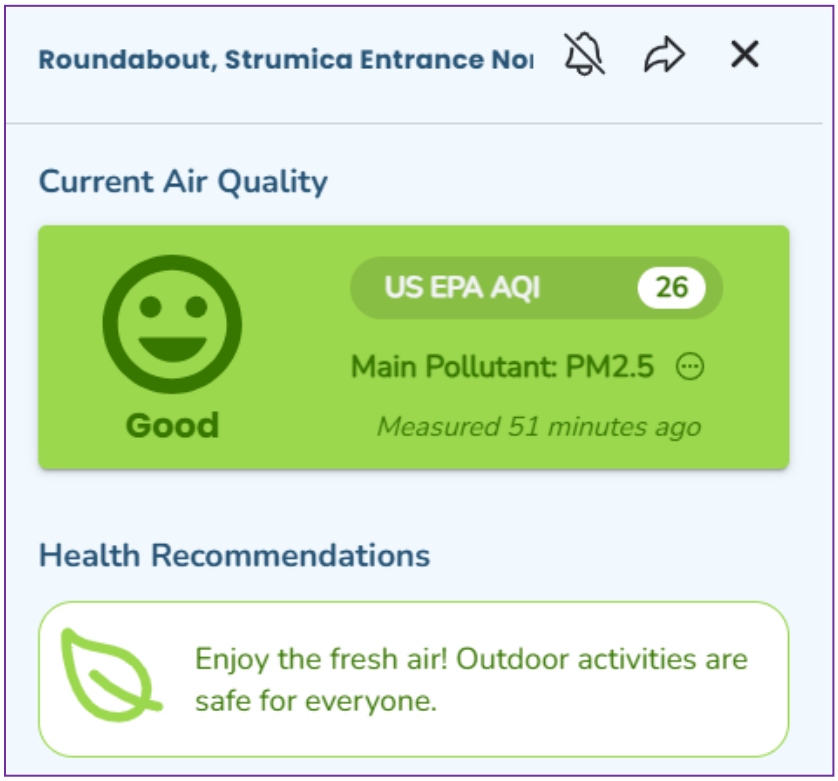
Слика 8. Категорија на концентрации за секоја локација

На слика 8 се прикажани последни вредности добиени од Datasource. Дадени се категории на квалитет на воздух (за сите три локации е Good), и измерени вредности на сите три локации (14, 13 и 12 вредности на AQI). Трите локации се:

- КАМ Маркет.
- Кружен тек – влез на Струмица (север).
- Основно училиште “Никола Вапцаров“.

На слика 9 се прикажани неколку информации поврзани со квалитетот на воздухот на локација “Кружен тек, влез Струмица, север“:

- **Тековна состојба на квалитетот на воздухот**: Со виџет и се текст (Good) с покажано дека воздухот е чист и е со добар квалитет – е во границите на препорачани вредности.
- **Вредност на Индексот на квалитет на воздух**: **26.00**.
- **Здравствени препораки**: Дадени се препораки за луѓето поврзани со квалитетот на воздухот. Во овој случај има препорака: Секој граѓанин може да ужива во чист, свеж воздух. Активности на отворен простор се безбедни за секој човек.

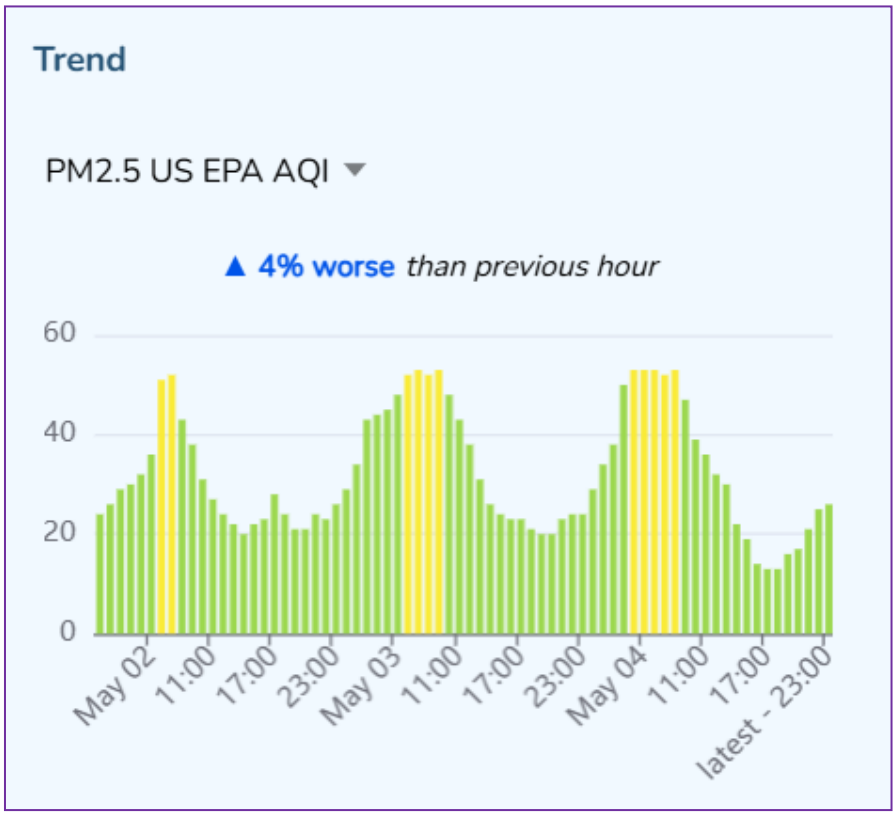


Слика 9. Здравствени препораки за активности на отворен простор

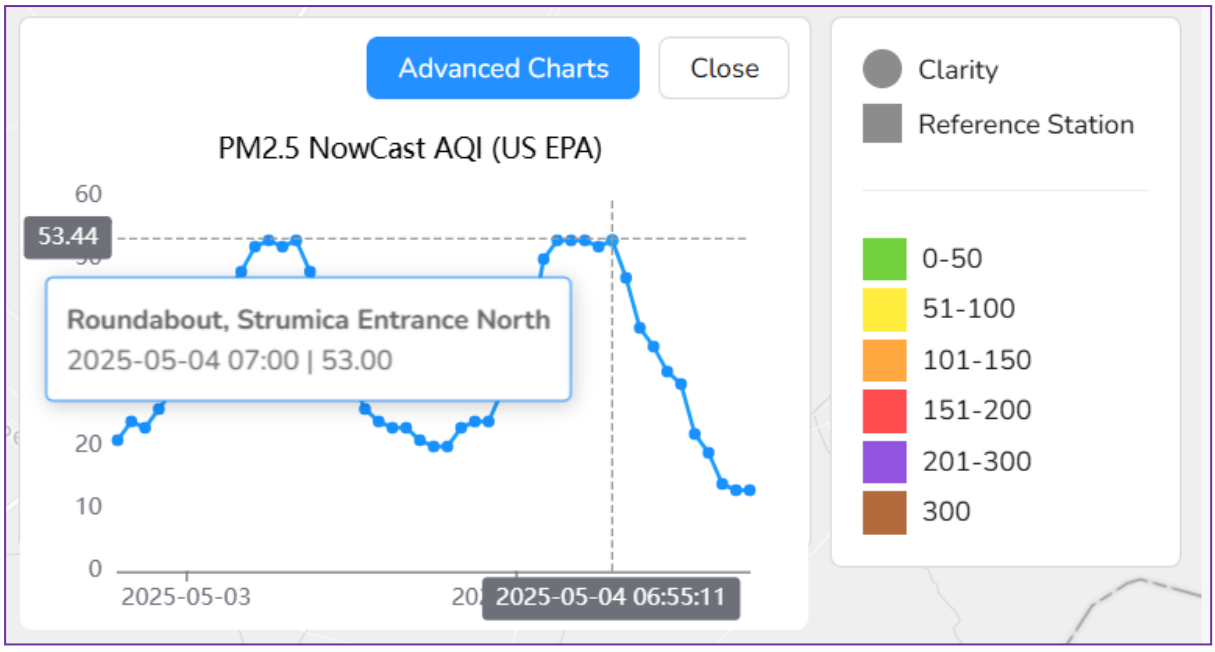
На слика 10 е прикажан графикон (столбови) за Тренд на квалитетот на воздухот за период од 02.05.2025 година до 04.05.2025 година (23.00 часот). Прикажани се следните резултати и информации:

- Прикажани се часовни вредности за целиот временски интервал: Со зелена боја (чист воздух) се прикажани вредност за AQI < 50), а со жолта боја се прикажани вредност за AQI > 50 (и помали од 100) (умерен квалитет на воздухот).

- Тренд на квалитет на воздухот: Во последниот час од од овој временски интервал (4 Maj, 23.00) квалитетот на воздухот е за 4% полош од квалитетот на воздухот еден час порано (22.00 часот).



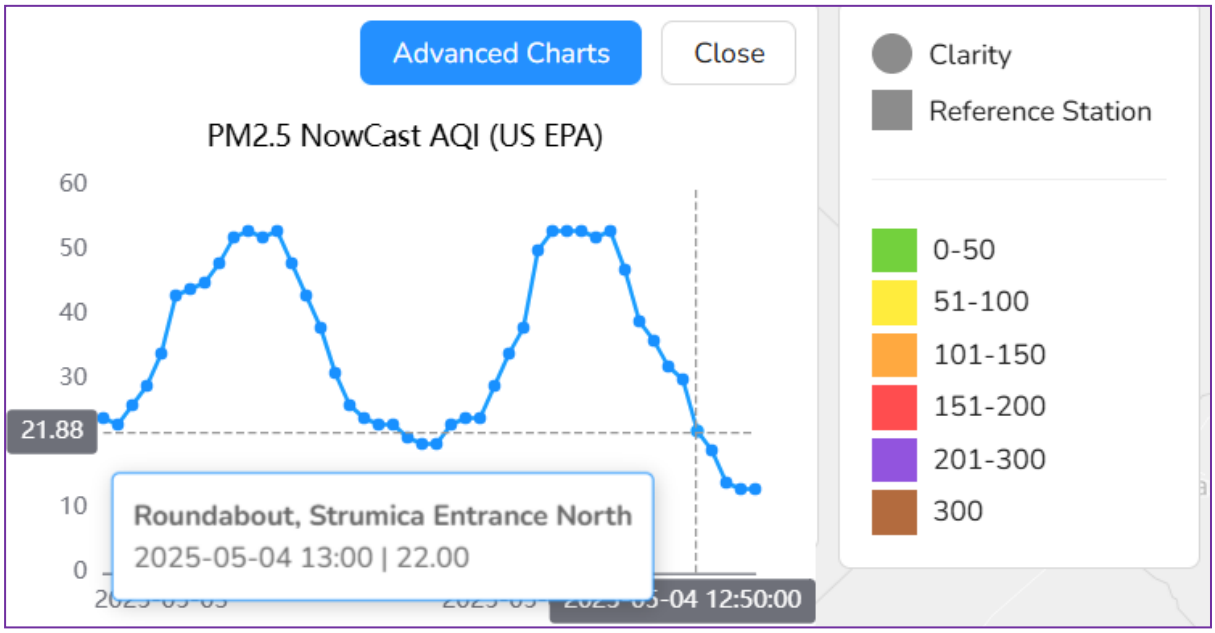
Слика 10. Тренд на загаден воздух



Слика 11. Графикон на AQI вредности (4 Maj, 07.00 часот)

На слика 11 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “Кружен тек, влез на Струмица, север“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 4 Мај, 07.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = 53.44 (ова спаѓа во интервалот од 50 до 100 – просечен квалитет на воздух).
- **Локација на сензорскиот монитор**: Кружен тек на влез во Струмица (север).



Слика 12. Графикон на AQI вредности (4 Мај, 13.00 часот)

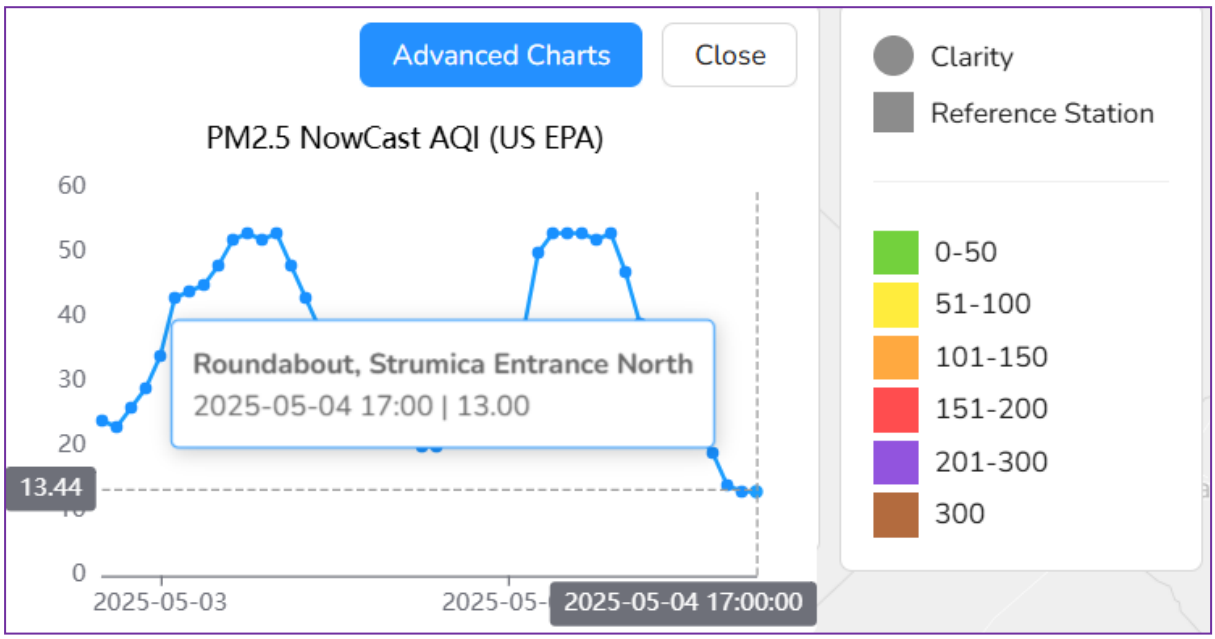
На слика 12 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “Кружен тек, влез на Струмица, север“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 4 Мај, 13.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = 21.88 (ова спаѓа во интервалот од 0 до 50 – чист воздух).

На слика 13 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “Кружен тек, влез на Струмица, север“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 4 Мај, 17.00 часот.

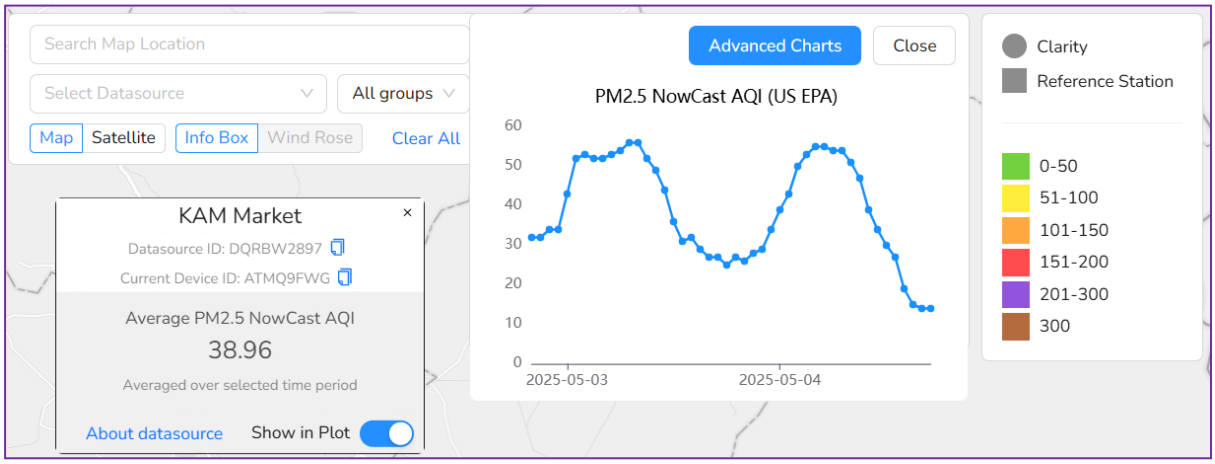
- **Измерена вредност**: AQI = **13.44** (ова спаѓа во интервалот од **0** до **50** – чист воздух).



Слика 13. Графикон на AQI вредности (4 Maj, 17.00 часот)

На слика 14 е прикажан графички приказ на AQI вредности во временски период од 03.05.20225 до 04.05.2025 година. Добиени се и прикажани следните податоци и информации:

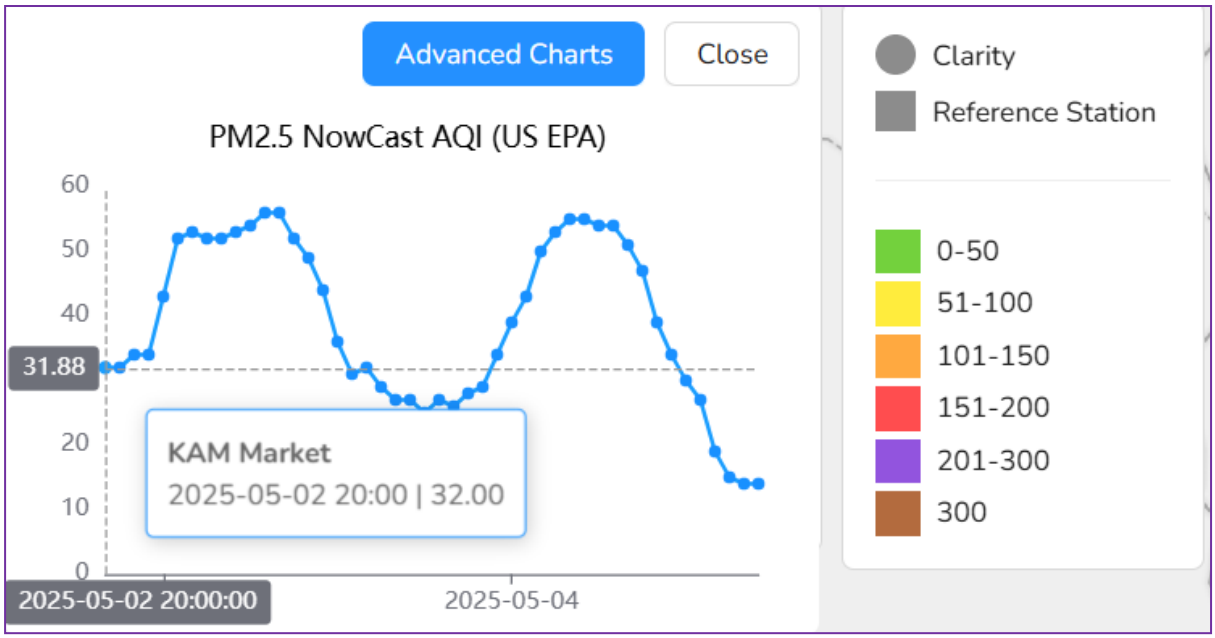
- **Време на мерење**: 3 Maj, 23.00 часот.
- **Локација:** КАМ Маркет.
- **Просечна вредност на** AQI во целиот мерен интервал: **38.96**.



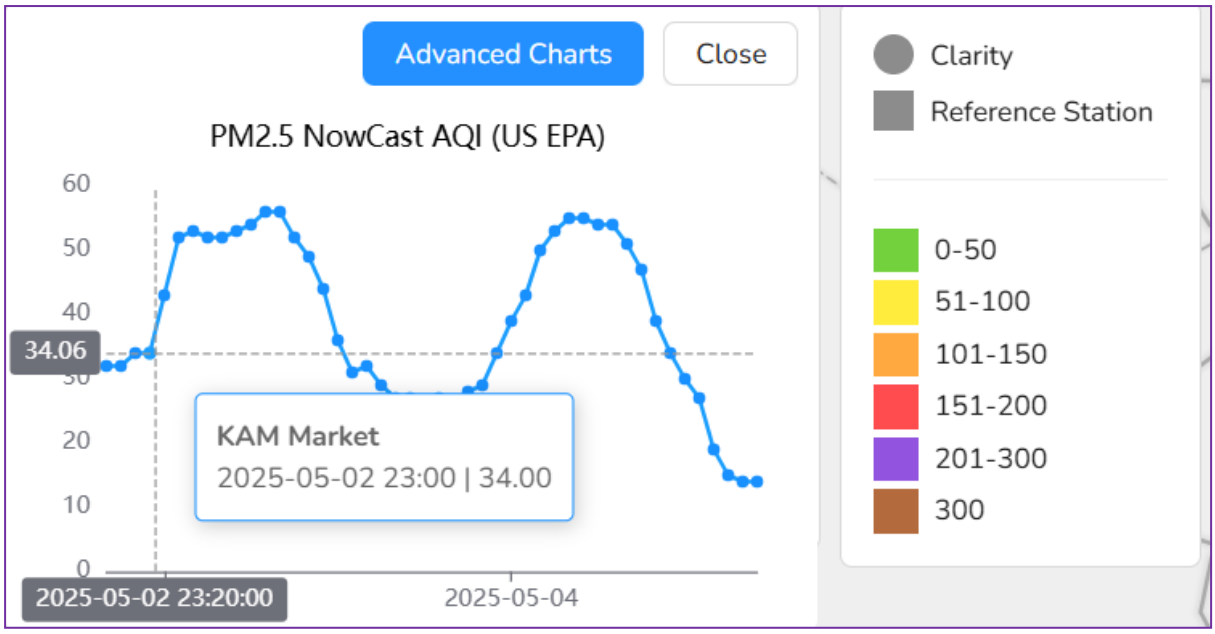
Слика 14. Графикон на AQI вредности (2 и 4 Maj)

На слика 15 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “КАМ Маркет“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 2 Maj, 20.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = **32.00** (ова спаѓа во интервалот од **0** до **50** – чист воздух).



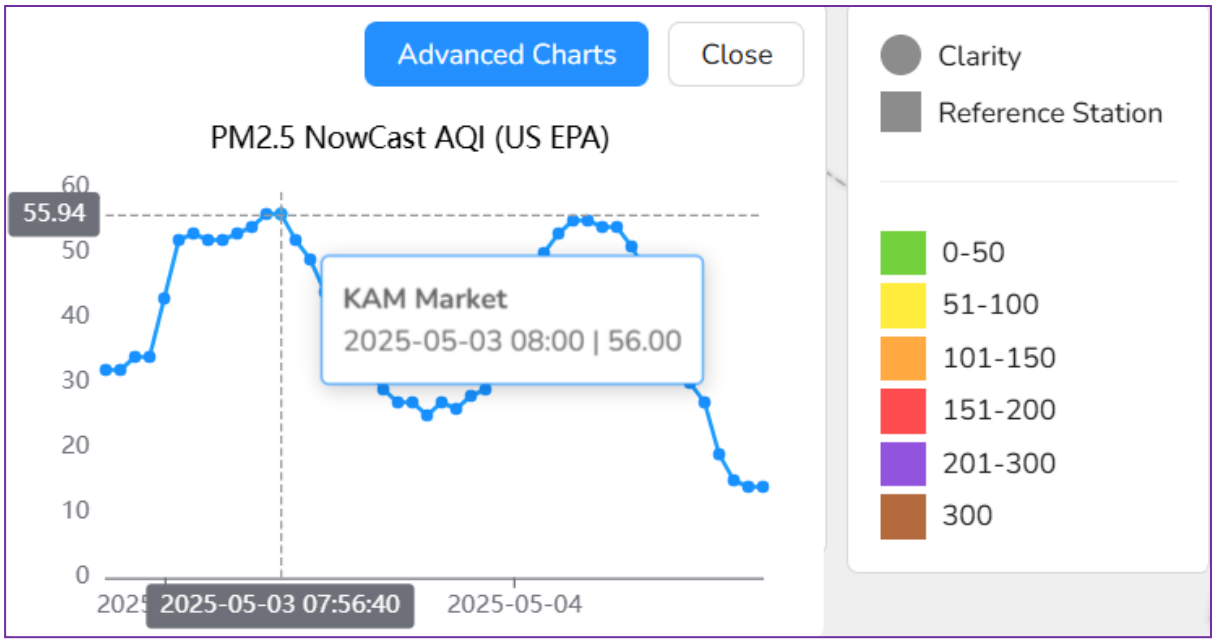
Слика 15. Графикон на AQI вредности (2 Maj, 20.00 часот)



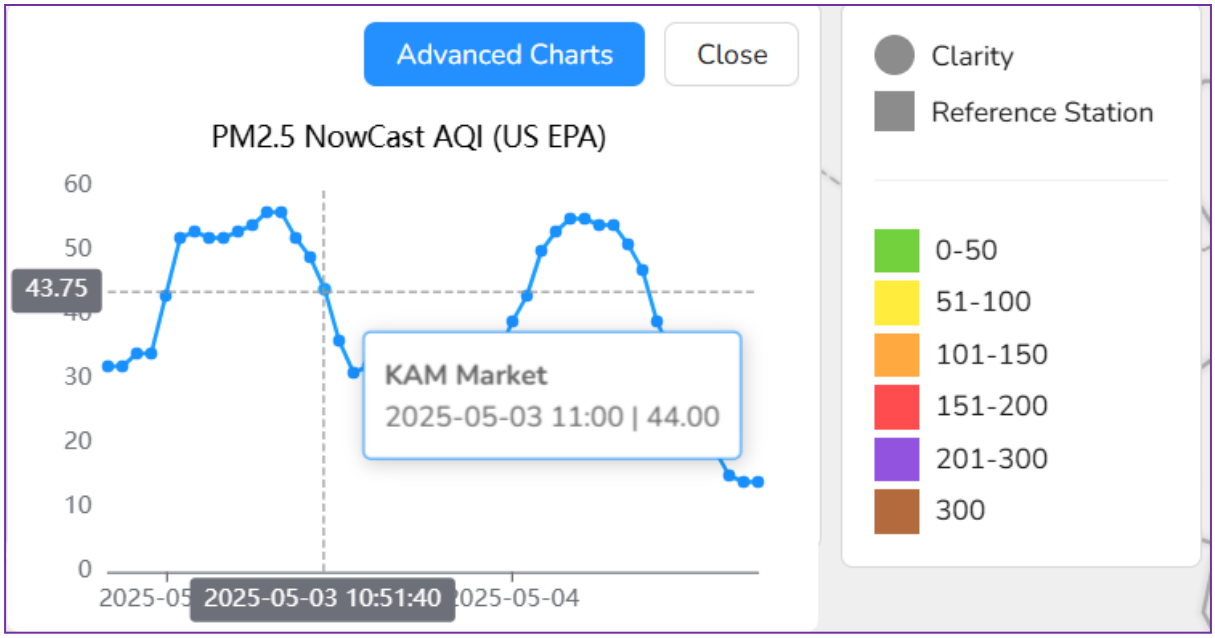
Слика 16. Графикон на AQI вредности (2 Maj, 23.00 часот)

На слика 16 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “КАМ Маркет“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 2 Maj, 23.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = **34.06** (ова спаѓа во интервалот од **0** до **50** – чист воздух).



Слика 17. Графикон на AQI вредности (3 Maj, 08.00 часот)



Слика 18. Графикон на AQI вредности (3 Maj, 11.00 часот)

На слика 17 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “КАМ Маркет“, на кој се прикажани следните податоци:

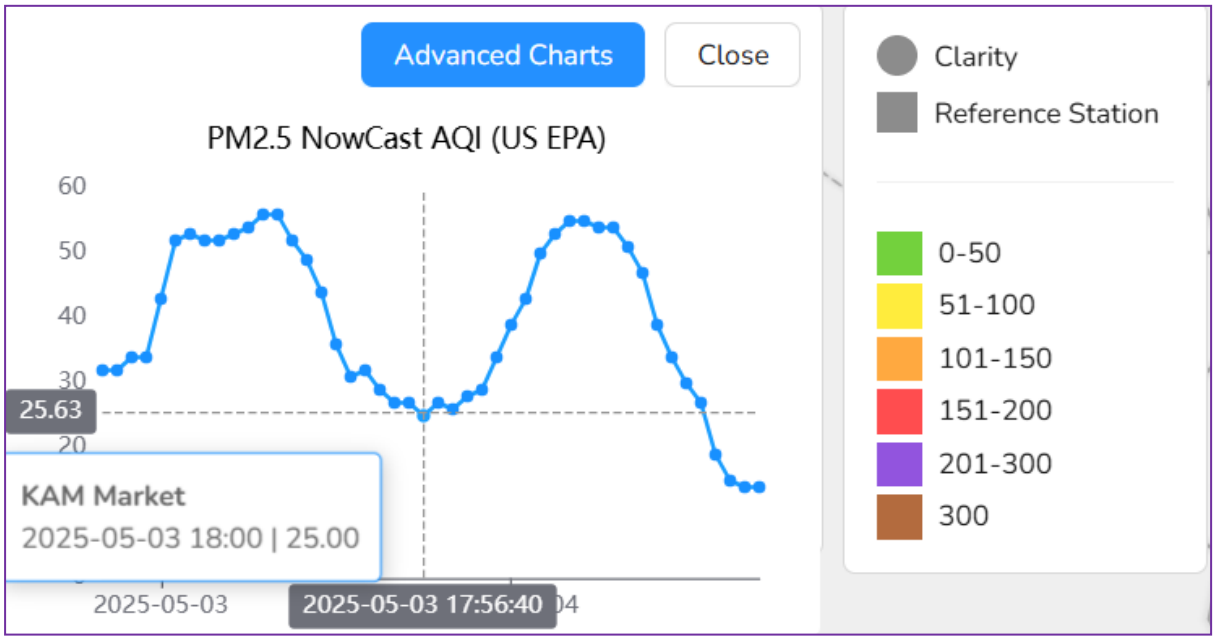
- **Време на мерење**: 3 Мај, 08.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = **55.94** (ова спаѓа во интервалот од **50** до **100** – умерен квалитет на воздухот воздух).

На слика 18 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “КАМ Маркет“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 3 Мај, 11.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = **43.75** (ова спаѓа во интервалот од **0** до **50** – чист воздух).

На слика 19 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “КАМ Маркет“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 3 Мај, 18.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = **25.63** (ова спаѓа во интервалот од **0** до **50** – чист воздух).

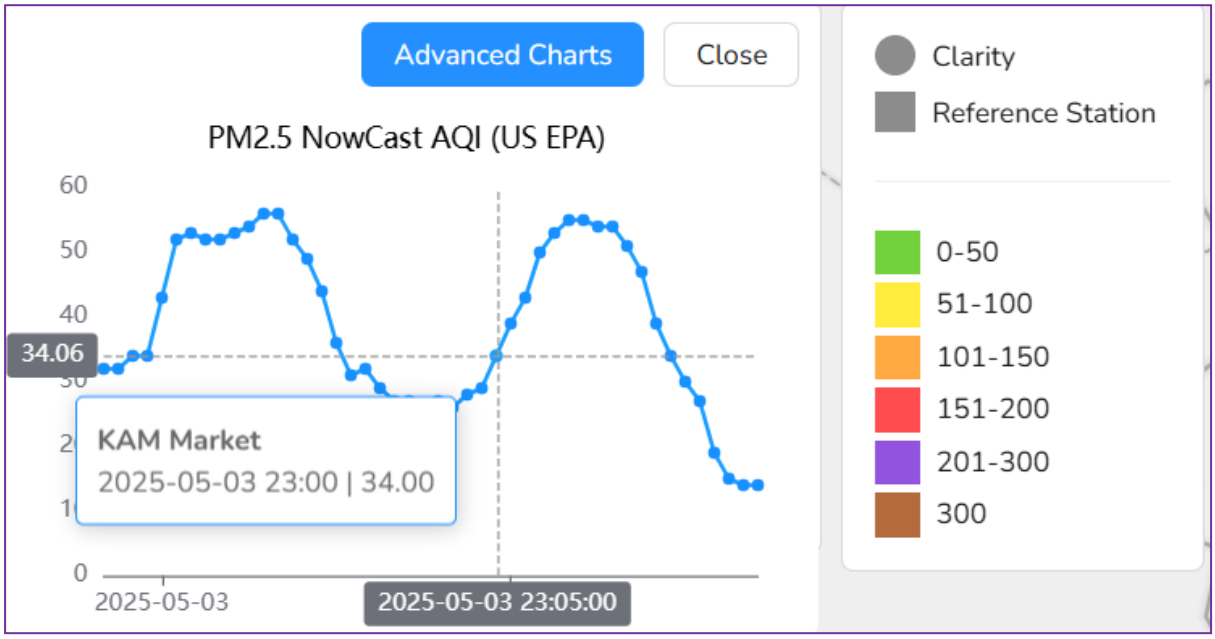


Слика 19. Графикон на AQI вредности (3 Мај, 18.00 часот)

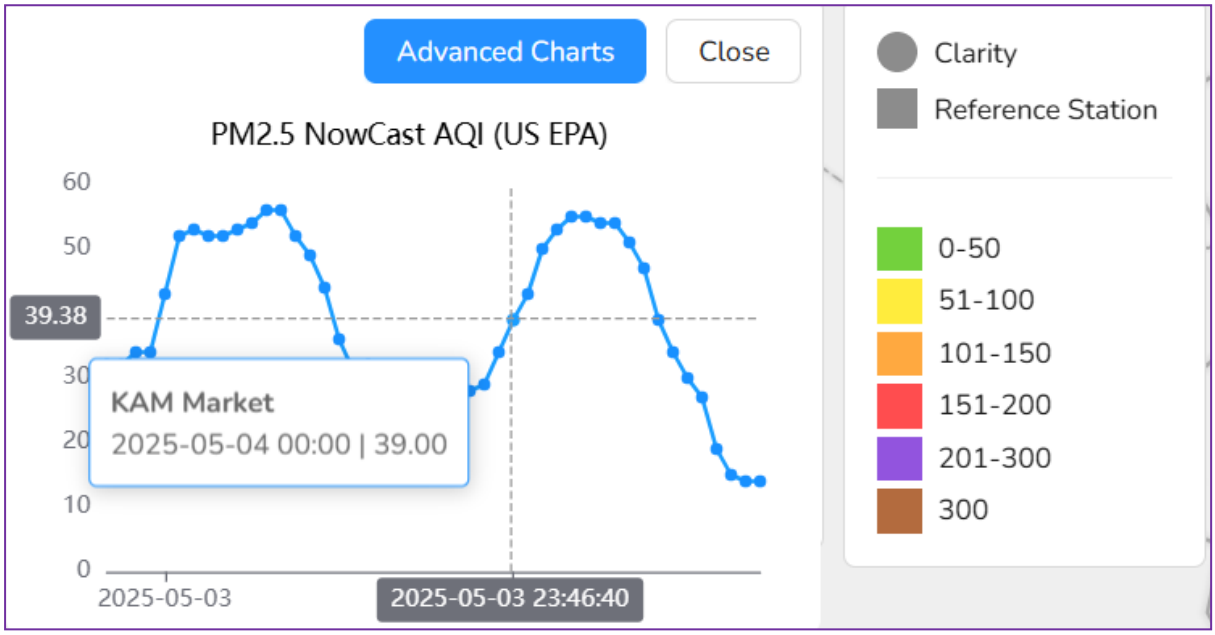
На слика 20 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “КАМ Маркет“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 3 Мај, 23.00 часот.

- **Измерена вредност**: AQI = **34.06** (ова спаѓа во интервалот од **0** до **50** – чист воздух).



Слика 20. Графикон на AQI вредности (3 Мај, 23.00 часот)



Слика 21. Графикон на AQI вредности (3 Мај, 23.46 часот)

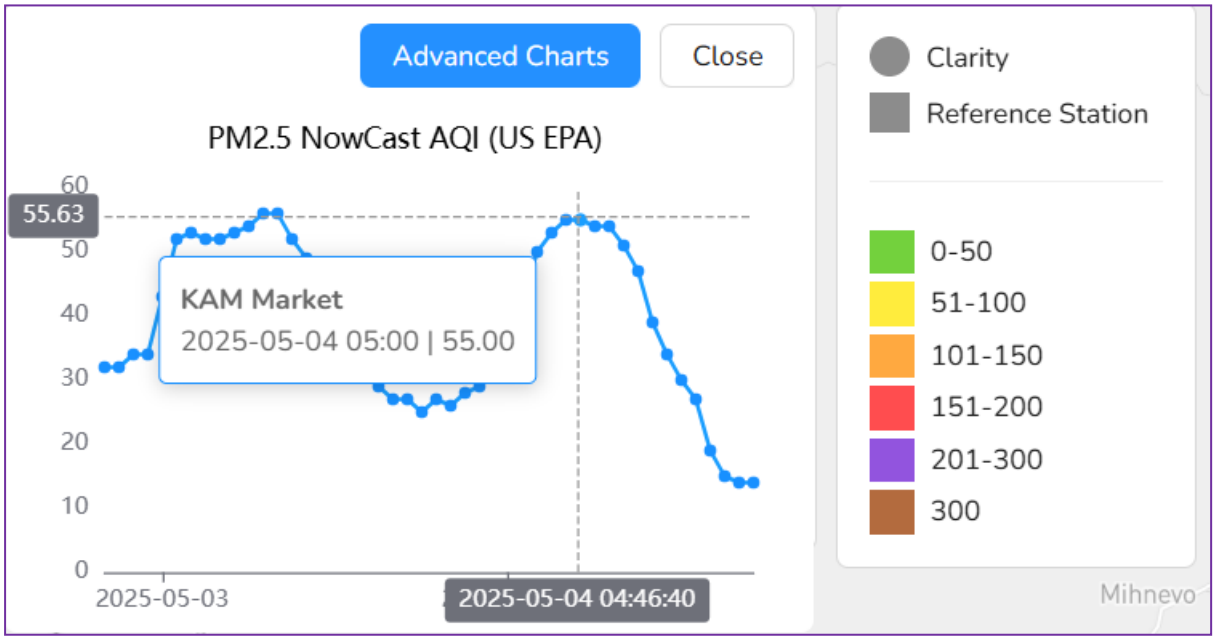
На слика 21 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “КАМ Маркет“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 3 Мај, 23.46 часот.

- **Измерена вредност**: AQI = **39.38** (ова спаѓа во интервалот од **0** до **50** – чист воздух).

На слика 22 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “КАМ Маркет“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 4 Мај, 05.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = **55.63** (ова спаѓа во интервалот од **50** до **100** – просечен квалитет на воздух).



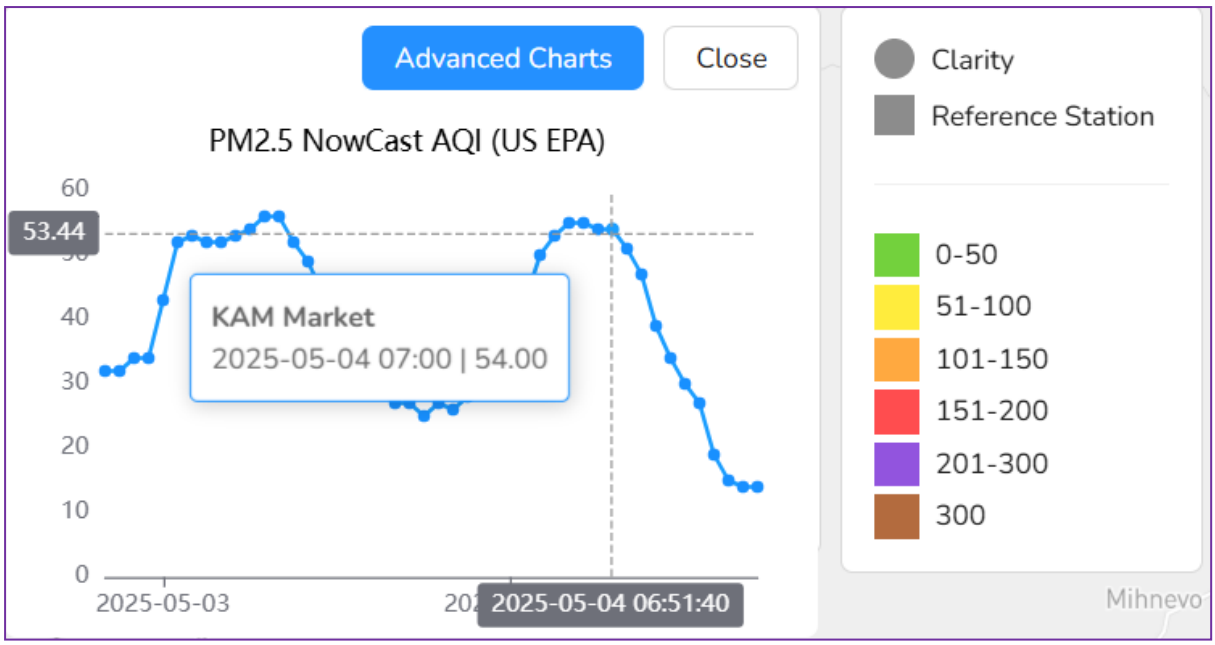
Слика 22. Графикон на AQI вредности (4 Мај, 05.00 часот)

На слика 23 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “КАМ Маркет“, на кој се прикажани следните податоци:

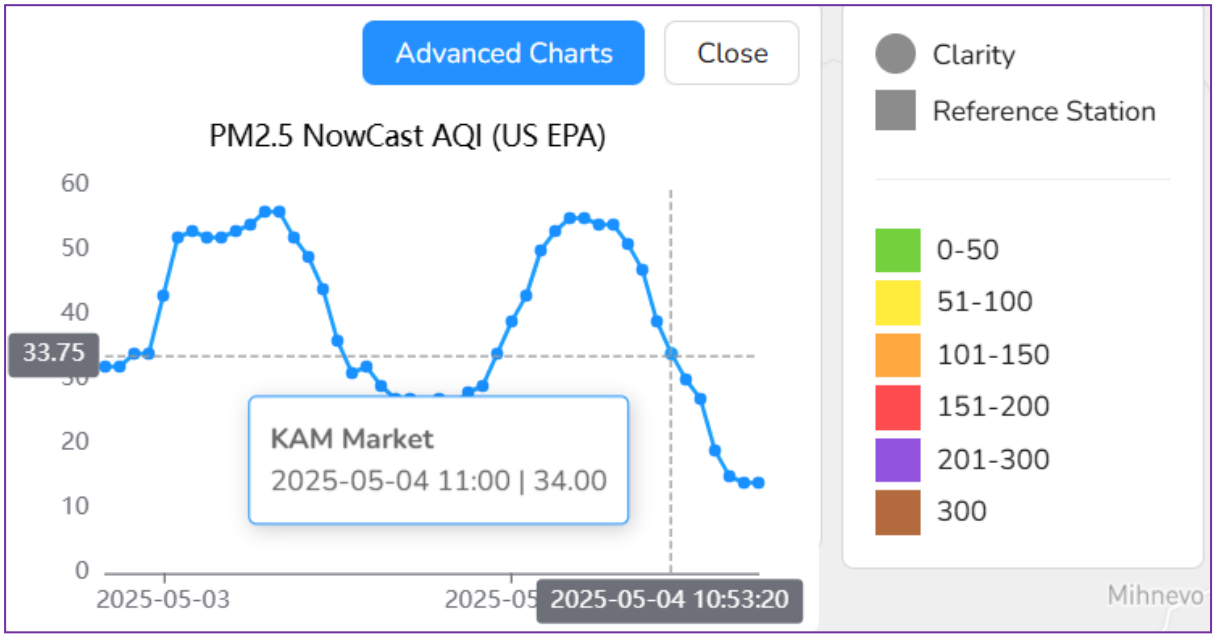
- **Време на мерење**: 4 Мај, 06.51 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = **53.44** (ова спаѓа во интервалот од **50** до **100** – просечен квалитет на воздух).

На слика 24 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “КАМ Маркет“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 4 Мај, 11.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = **33.75** (ова спаѓа во интервалот од **0** до **50** – чист воздух).



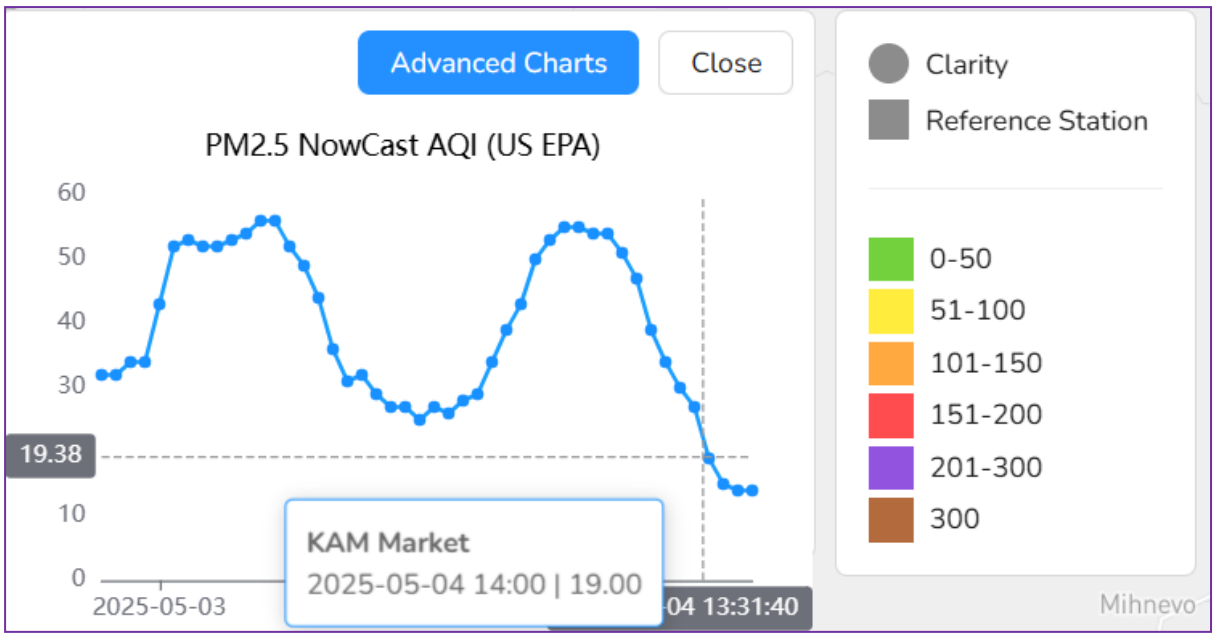
Слика 23. Графикон на AQI вредности (4 Maj, 07.00 часот)



Слика 24. Графикон на AQI вредности (4 Maj, 11.00 часот)

На слика 25 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “КАМ Маркет“, на кој се прикажани следните податоци:

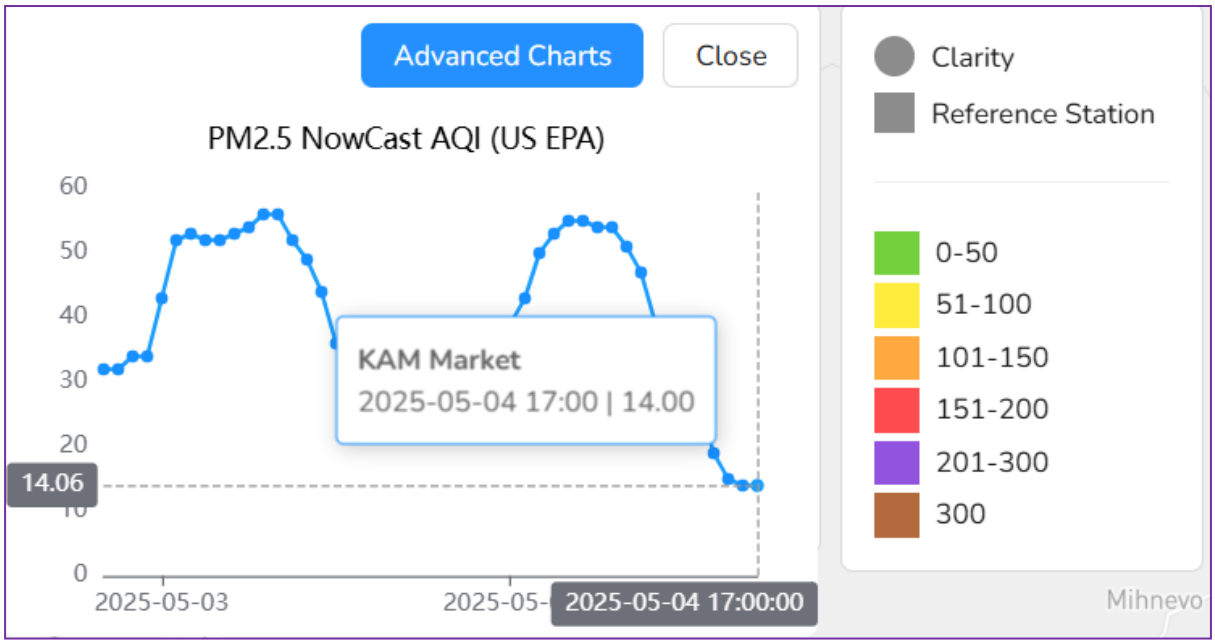
- **Време на мерење**: 4 Maj, 14.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = **19.38** (ова спаѓа во интервалот од **0** до **50** – чист воздух).



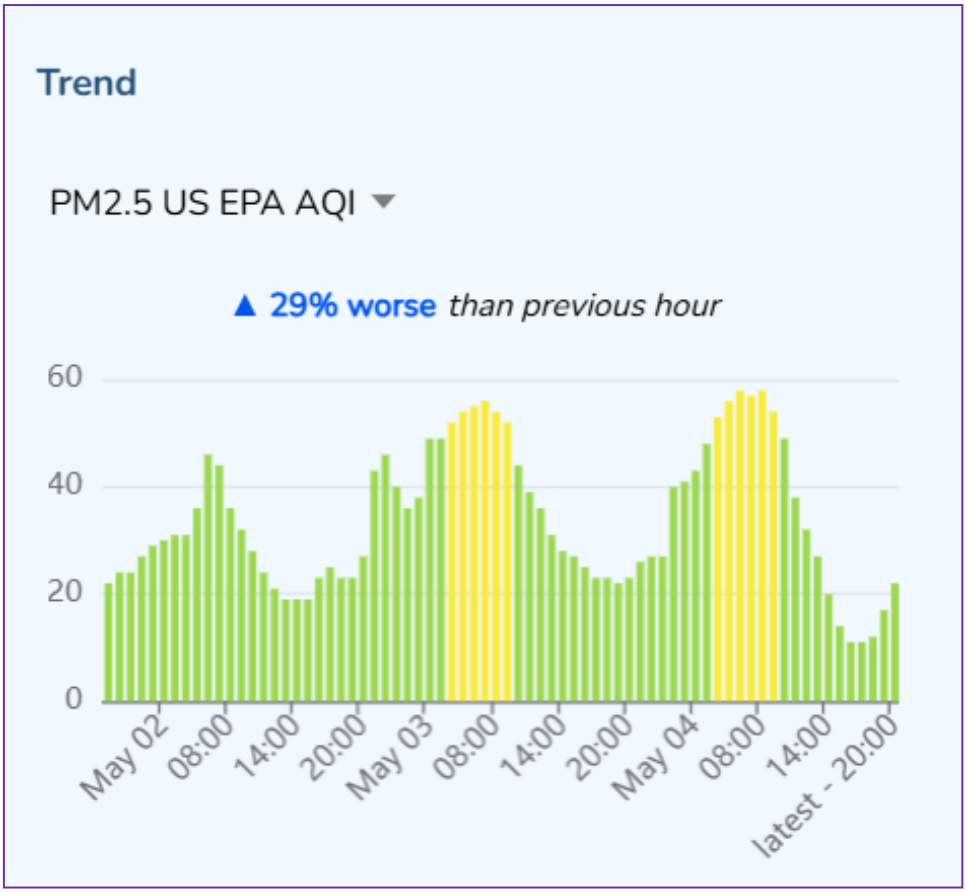
Слика 25. Графикон на AQI вредности (4 Maj, 14.00 часот)

На слика 26 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “КАМ Маркет“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 4 Maj, 17.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = **14.06** (ова спаѓа во интервалот од **0** до **50** – чист воздух).



Слика 26. Графикон на AQI вредности (4 Maj, 17.00 часот)



Слика 27. Тренд на загадување

На слика 27 е прикажан графикон (столбови) за Тренд на квалитетот на воздухот за период од 02.05.2025 година до 04.05.2025 година (20.00 часот). Прикажани се следните резултати и информации:

- Прикажани се часовни вредности за целиот временски интервал: Со **зелена** боја (чист воздух) се прикажани вредност за AQI < 50), а со **жолта** боја се прикажани вредност за AQI > 50 (и помали од 100) (умерен квалитет на воздухот).
- Тренд на квалитет на воздухот: Во последниот час од од овој временски интервал (4 Мај, 23.00) квалитетот на воздухот е за 29% полош од квалитетот на воздухот еден час порано (19.00 часот).

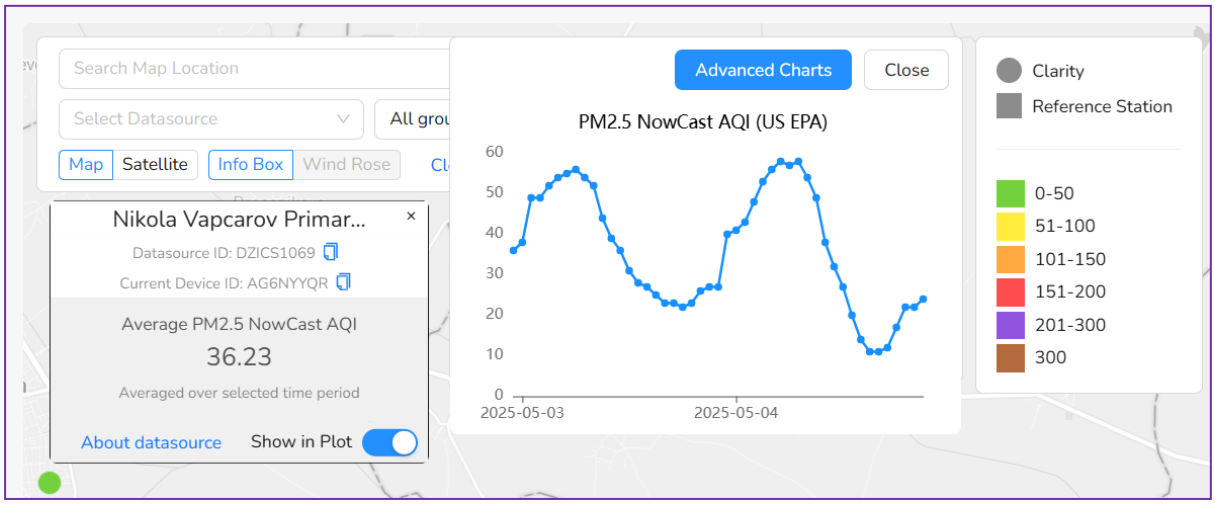
На слика 28 се прикажани неколку информации поврзани со квалитетот на воздухот на локација “КАМ Маркет“:

- **Тековна состојба на квалитетот на воздухот**: Со виџет и се текст (Good) с покажано дека воздухот е чист и е со добар квалитет – е во границите на препорачани вредности.

- **Вредност на Индексот на квалитет на воздух**: **28.00**.
- **Здравствени препораки**: Дадени се препораки за луѓето поврзани со квалитетот на воздухот. Во овој случај има препорака: Секој граѓанин може да ужива во чист, свеж воздух. Активности на отворен простор се безбедни за секој човек.



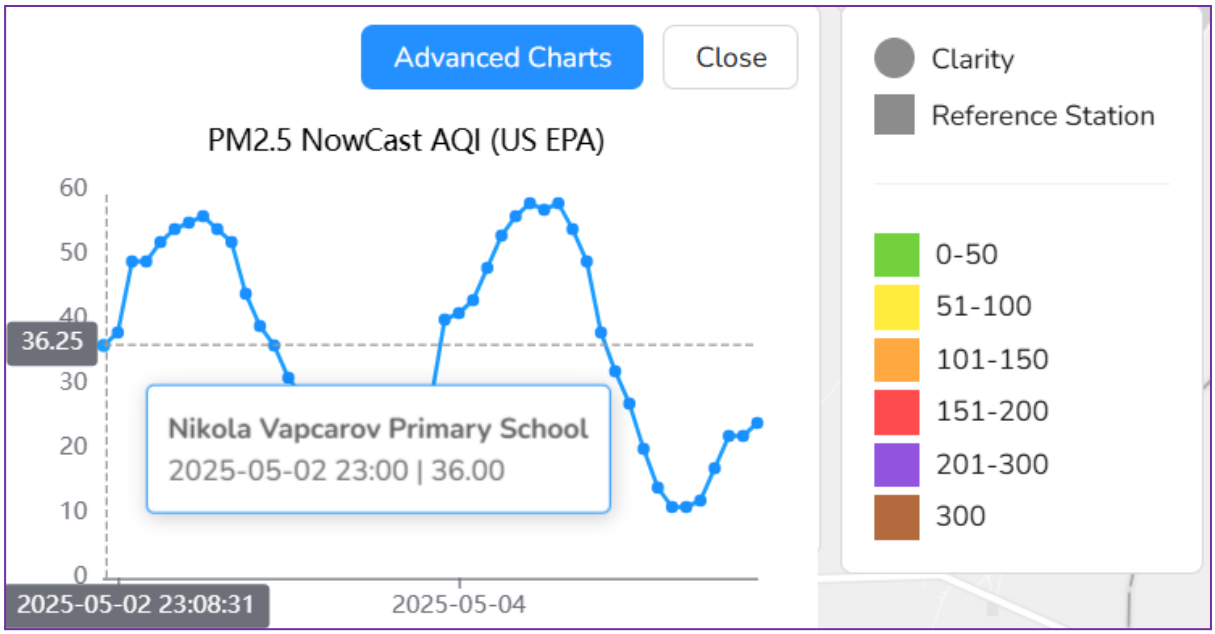
Слика 28. Здравствени препораки



Слика 29. Графикон на AQI вредности (3, 4 и 5 Мај)

На слика 29 е прикажан графички приказ на AQI вредности во временски период од 03.05.20225 до 05.05.2025 година. Добиени се и прикажани следните податоци и информации:

- **Локација:** ОУ Никола Вапцаров.
- **Просечна вредност на** AQI во целиот мерен интервал: **36.23**.



Слика 30. Графикон на AQI вредности (2 Мај, 23.00 часот)

На слика 30 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “ОУ Никола Вапцаров“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 2 Мај, 23.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = **36.25** (ова спаѓа во интервалот од **0** до **50** – чист воздух).

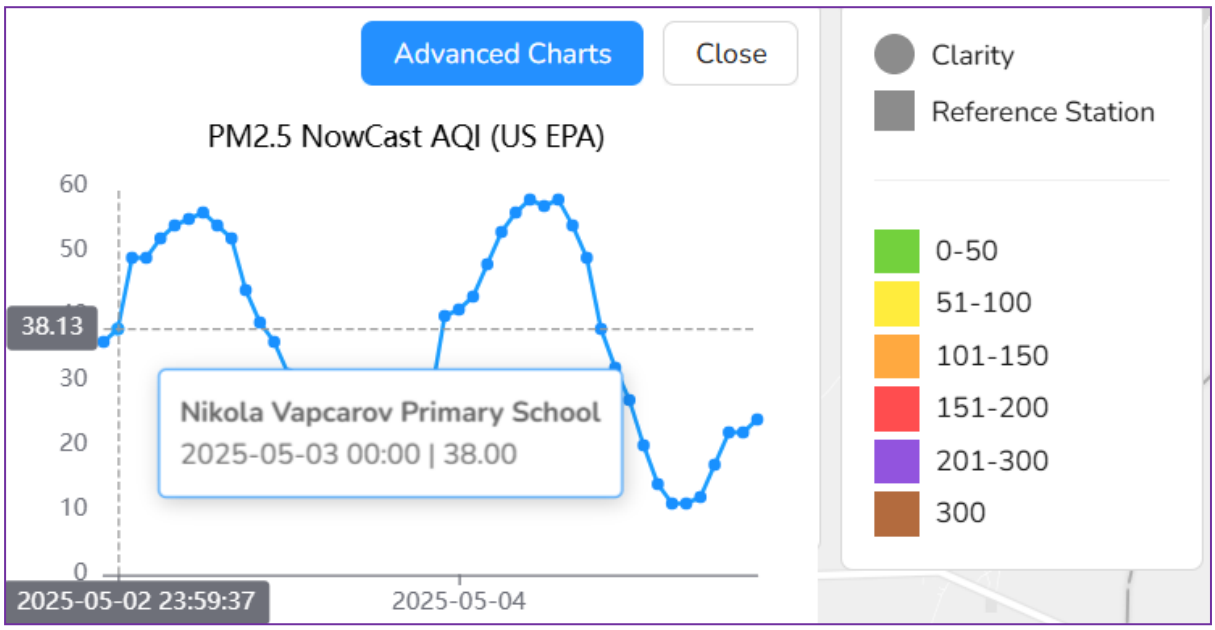
На слика 31 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “ОУ Никола Вапцаров“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 2 Мај, 24.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = **38.13** (ова спаѓа во интервалот од **0** до **50** – чист воздух).

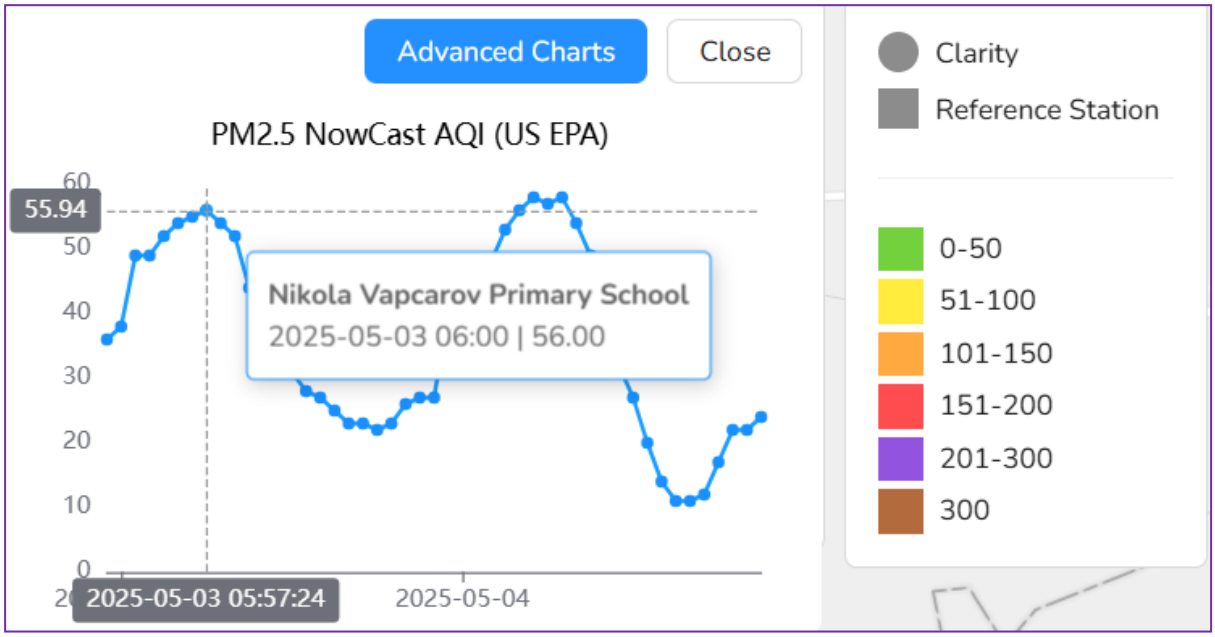
На слика 32 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “ОУ Никола Вапцаров“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 3 Мај, 06.00 часот.

- **Измерена вредност**: AQI = **55.94** (ова спаѓа во интервалот од **50** до **100** – просечен квалитет на воздух).



Слика 31. Графикон на AQI вредности (2 Maj, 24.00 часот)

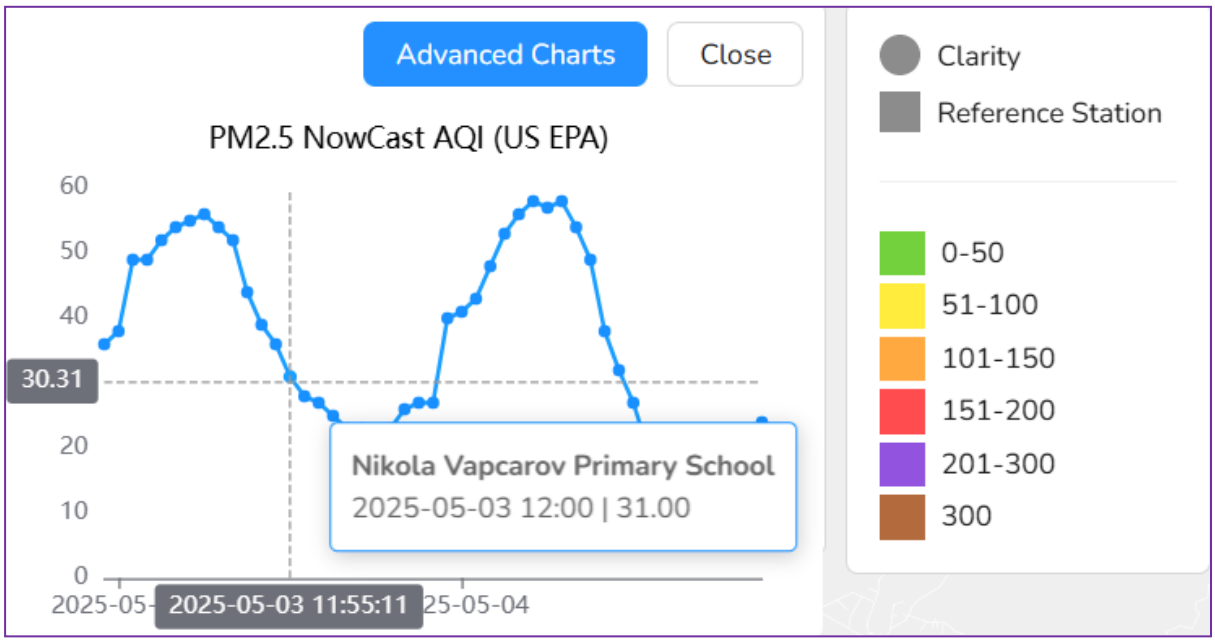


Слика 32. Графикон на AQI вредности (3 Maj, 06.00 часот)

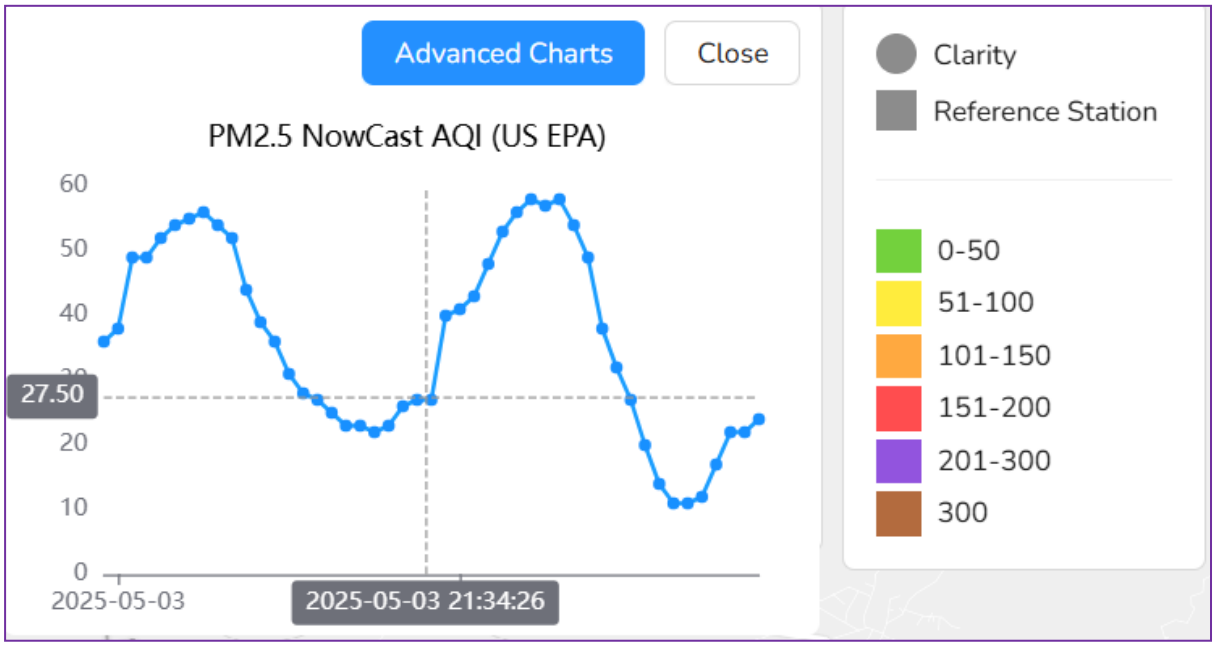
На слика 33 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “ОУ Никола Вапцаров“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 3 Maj, 12.00 часот.

- **Измерена вредност**: AQI = **30.31** (ова спаѓа во интервалот од **0** до **50** – чист воздух).



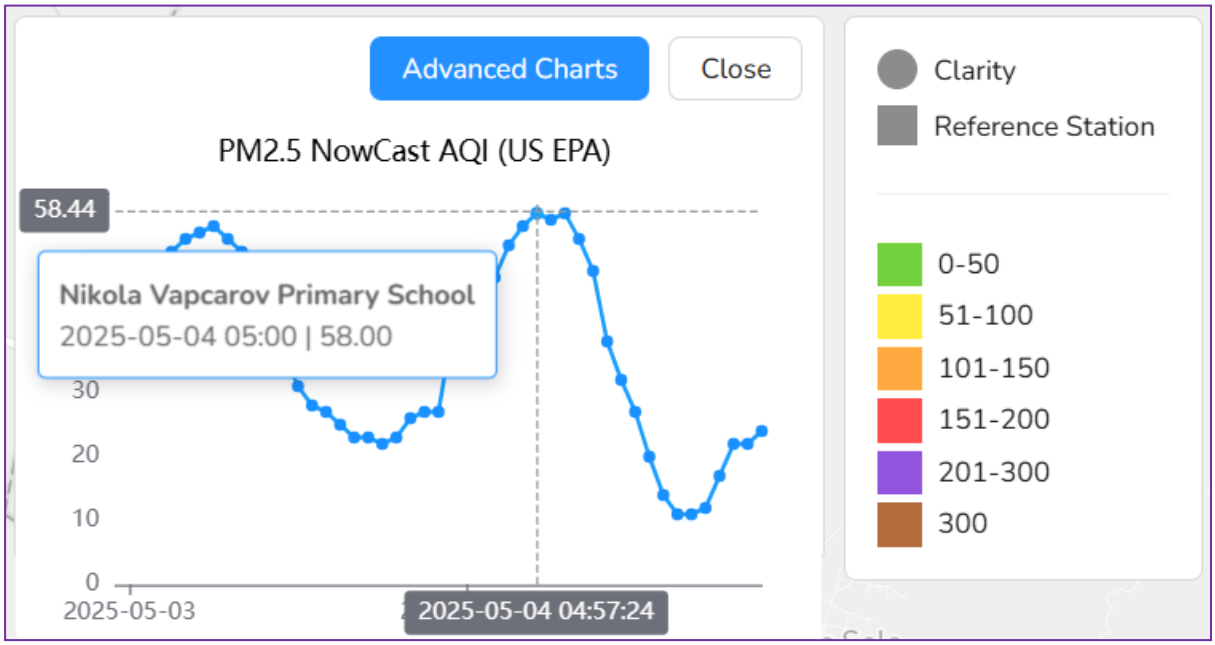
Слика 33. Графикон на AQI вредности (3 Maj, 12.00 часот)



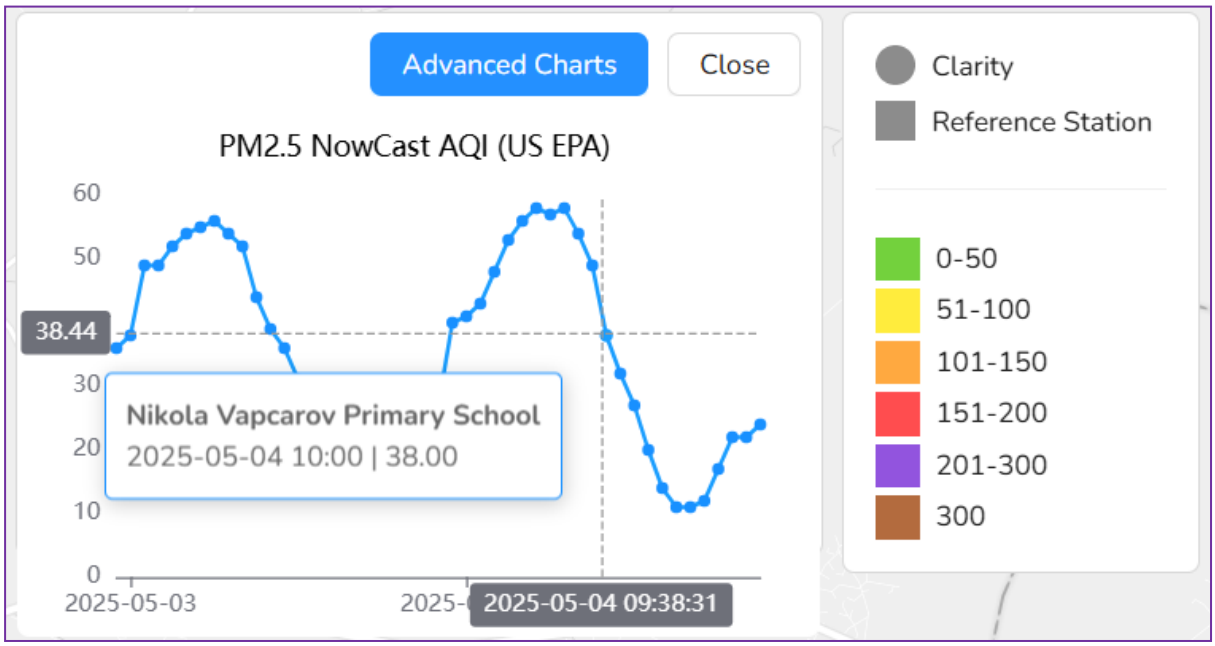
Слика 34. Графикон на AQI вредности (3 Maj, 21.34 часот)

На слика 34 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “ОУ Никола Вапцаров“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 3 Maj, 21.34 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = **27.50** (ова спаѓа во интервалот од **0** до **50** – чист воздух).



Слика 35. Графикон на AQI вредности (4 Maj, 05.00 часот)



Слика 36. Графикон на AQI вредности (4 Maj, 10.00 часот)

На слика 35 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “ОУ Никола Вапцаров“, на кој се прикажани следните податоци:

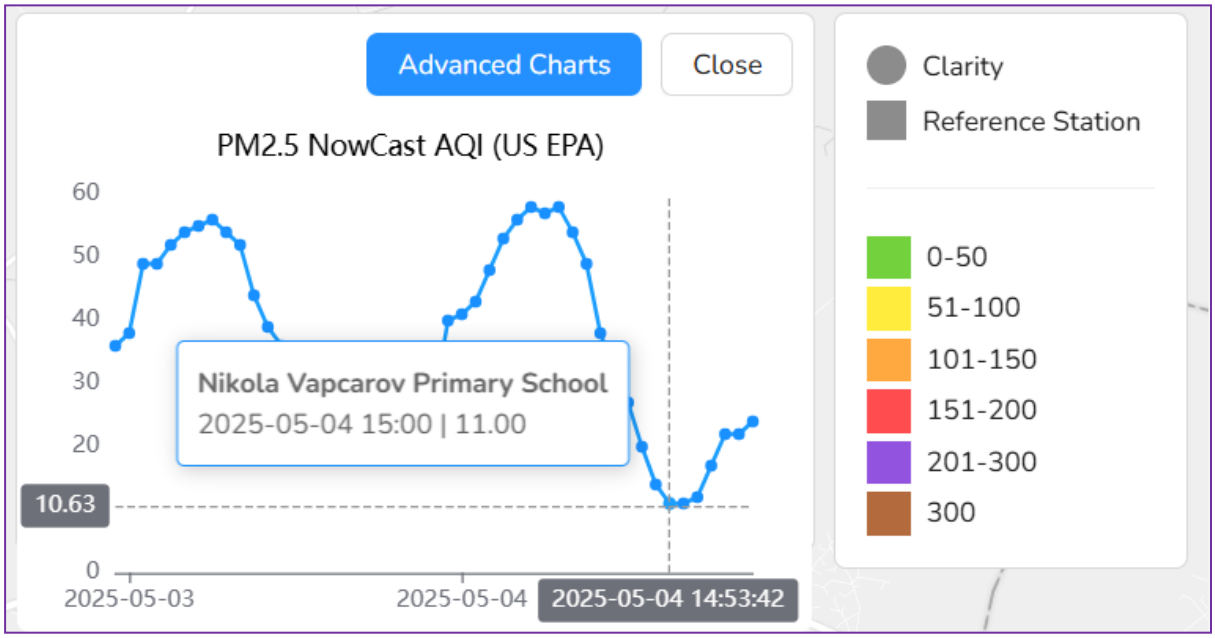
- **Време на мерење**: 4 Мај, 05.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = **58.44** (ова спаѓа во интервалот од **50** до **100** – умерена вредност на загаден воздух).

На слика 36 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “ОУ Никола Вапцаров“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 4 Мај, 10.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = **38.44** (ова спаѓа во интервалот од **0** до **50** – чист воздух).

На слика 37 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “ОУ Никола Вапцаров“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 4 Мај, 15.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = **10.63** (ова спаѓа во интервалот од **0** до **50** – чист воздух).



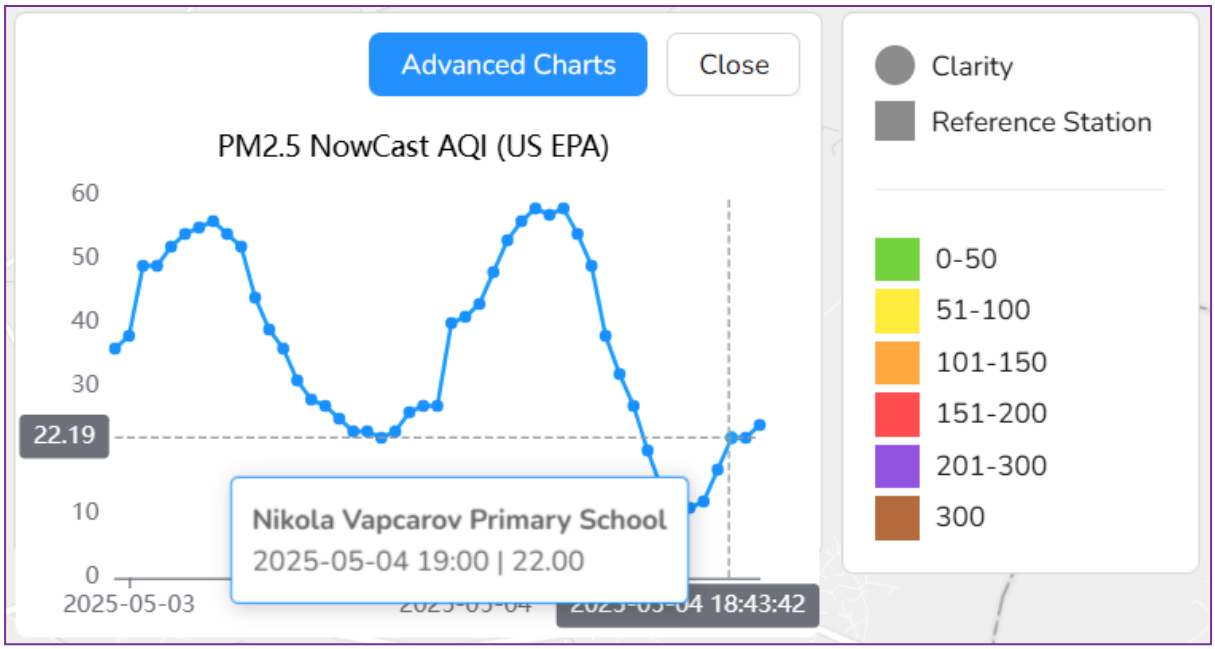
Слика 37. Графикон на AQI вредности (4 Мај, 15.00 часот)

На слика 38 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “ОУ Никола Вапцаров“, на кој се прикажани следните податоци:

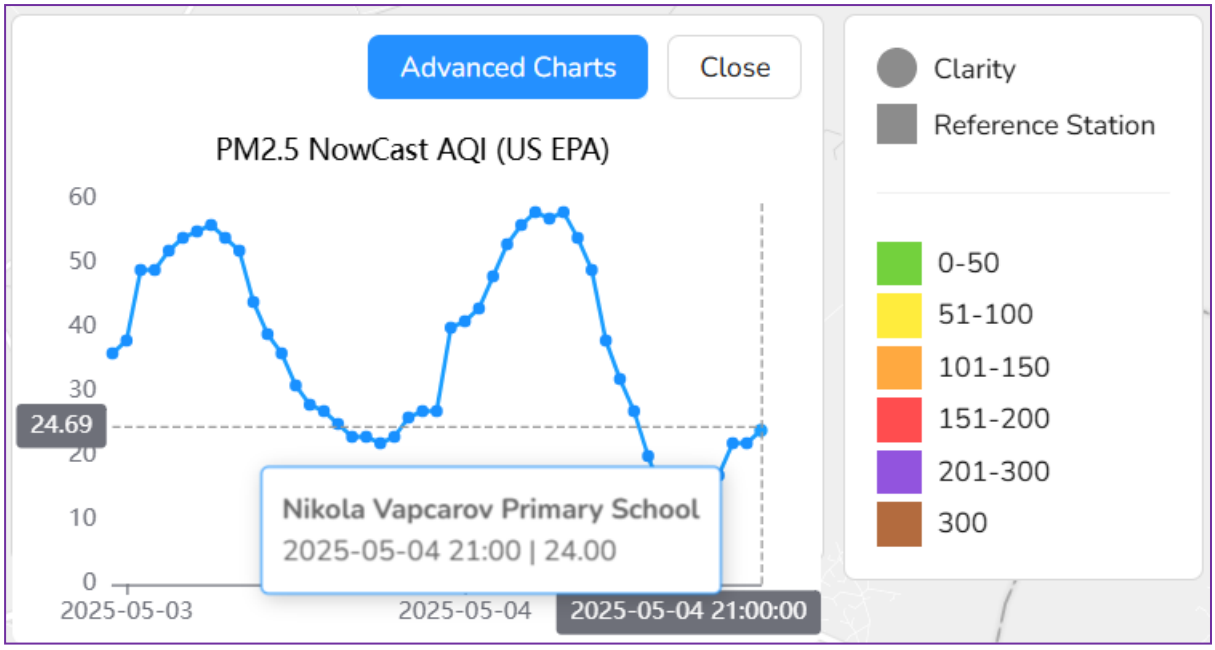
- **Време на мерење**: 4 Мај, 19.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = **22.19** (ова спаѓа во интервалот од **0** до **50** – чист воздух).

На слика 39 е прикажан визуелен график на концентрации на AQI вредности на локација “ОУ Никола Вапцаров“, на кој се прикажани следните податоци:

- **Време на мерење**: 4 Maj, 21.00 часот.
- **Измерена вредност**: AQI = **24.69** (ова спаѓа во интервалот од **0** до **50** – чист воздух).



Слика 38. Графикон на AQI вредности (4 Maj, 19.00 часот)



Слика 39. Графикон на AQI вредности (4 Maj, 21.00 часот)

8. Заклучни согледувања

Со зголемената загриженост за квалитетот на водните тела, следењето на квалитетот на водата стана клучно. Речните и поточните екосистеми играат витална улога во поддршка на биолошка разновидност и обезбедување чиста вода за заедниците. За да се обезбеди нивно континуирано здравје, важно е да се следи и одржува квалитетот на водата во овие екосистеми. Сензорите за квалитет на водата се појавија како основни алатки за оваа намена.

Сензорите за квалитет на водата се уреди дизајнирани да мерат различни индикатори за квалитетот на водата. Овие сензори собираат податоци за параметри како што се **температура**, **ниво на pH**, **растворен кислород**, **замаетност** и **спроводливост**, меѓу другото. Овие податоци помагаат во проценка на целокупното здравје на реката или потокот и им овозможуваат на властите да донесат информирани (релевантни) одлуки во врска со нејзиното управување и заштита.

Сензорите за квалитет на водата се неопходни за следење и управување со здравјето на реките и потоците. Од истражување за животната средина до студии за контрола на загадувањето и климатските промени, сензорите за квалитет на водата играат клучна улога во обезбедувањето одржливост на нашите скапоцени слатководни ресурси. Континуираниот напредок во технологијата на сензори дополнително ќе ја подобри нашата способност за следење и зачувување на виталните екосистеми на реките и потоците.

Сензорите за квалитет на водата се непроценливи алатки за истражувачите на животната средина кои ги проучуваат речните и поточните екосистемите. Овие сензори им овозможуваат на научниците да соберат сеопфатни податоци за различни параметри за квалитетот на водата со текот на времето, олеснувајќи ја анализата на долгорочните трендови и влијанија врз водниот живот. Ова знаење придонесува за подобро разбирање на еколошката динамика на водните тела и помага во формулирање на ефективни стратегии за управување.

Следењето на квалитетот на водата е од суштинско значење за ефикасна контрола на загадувањето. **Сензорите за квалитет на водата помагаат да се идентификуваат жаришта на загадувањето** предизвикани од индустриски испуштања, земјоделски истекувања или истекување на отпадни води. Со навре-

мено откривање и справување со овие извори на загадување, властите можат да спречат понатамошна контаминација и да го заштитат здравјето на водните екосистеми.

Мониторингот на реките и потоците е клучен за управување со изворите на вода за пиење. Сензорите за квалитет на водата обезбедуваат дека водата што се снабдува од овие извори ги исполнува потребните стандарди за човечка исхрана. Континуираното следење помага да се открие каква било потенцијална контаминација и им овозможува на капацитетите за третман на вода да преземат соодветни мерки за да се осигура безбедноста на водоснабдувањето.

Во деградирани екосистеми на реки и потоци, сензорите за квалитетот на водата играат витална улога во насочувањето на напорите за еколошка обнова. Со следење на клучни параметри, како што се нивои на растворен кислород или заматеност, експертите (лекарите) за реставрација можат да го проценат успехот на мерките за реставрација и да ги направат потребните прилагодувања. Ова помага во подобрување на здравјето на екосистемот, промовирање на обновување на живеалиштата и поддршка на зачувувањето на биолошката разновидност.

Сензорите за квалитет на водата **се клучни во проучувањето** на влијанијата на климатските промени врз речните и поточните екосистемите. Со **следење на температурата**, **нивото на pH** и **други параметри**, научниците можат да идентификуваат долгорочни промени и да утврдат дали овие промени се во корелација со климатските модели. Овие информации се клучни за разбирање како климатските промени влијаат на водните екосистеми и планирање соодветни стратегии за адаптација

Користена литература

1. Samantha Baxter, Green Water in Green Bay: Using Data Buoys to Monitor the Southern Bay, 2024.
2. Eva Lonneman, Predicting and Monitoring Ice Weather Events: The Great Lakes Approach, 2022.
3. Katelyn P. Kubasky, Solinst Model 301 WLTS: Works Well Under Pressure, 2023.
4. Samantha Baxter, Fighting Climate Change woth Emerging mCDR Strategies, 2024.
5. Sam Norton, From Assessment to Angler: Continual Research Ensures Lake, 2022.
6. Eva Lonneman, Climate and Microplastics: Monitoring Lake Champlain, 2024.
7. Lori Balster, Staying Within Budget: Carbon Planning, 2024.
8. Sam Norton, Soundscapes of the Solar Eclipse, 2023.
9. Karla Lant, Monitoring for Runap Signals to Reduce Sneaker Wave Risk, 2024.
10. Joseph L. Davidson, Boost your Turbidity Monitoring, 2024.
11. Sam Norton, Collecting Data at the Top of the World, 2024.
12. Samantha Baxter, Monitoring Lake Lillinonah, 2021.
13. Andrew Blok, Wildfire smoke alters a lake's ecology, 2024.
14. Lori Balster, Coral Resilience, 2024.
15. Karla Lant, The Ozark Research Field Station in Focus, 2021.
16. Sam Norton, Choosing the Right Water Quality Monitoring Systems is crucial, 2022.
17. Emma N. Jones, The Birds and the Bees: Understanding the Diversity of Pollinators, 2023.
18. Mindy Cooper, Imperial County Residents Help Tackle Air Monitoring, 2020.
19. Sam Norton, Microbes and Human Health, 2024.
20. Karla Lant, A conversation with Mika McKinnon, Freelance Scientist, 2022.
21. Skylar Shannon, Lake Malawi: A treasure to protect, 2020.
22. Andrew Blok, Plenty of plastic in the Great Lakes, 2022.
23. Sam Norton, Crystal Clear Problems: Inpacts of Eater Transparency, 2024.
24. Lori Balster, Treating Harmful Algal Blooms: A Natural Progression, 2020.
25. Samantha Baxter, Coastal Restoration in Rhode Island, 2023.
26. Karla Lant, Tide Gauge Data Reveal Multiple US Meteotsunamis Annually, 2025.
27. Mike Voelimecke, Monitoring Buoy Supports Nautical Archaeology, 2025.
28. Bonnie Waycott, IoT for Smarter Aquaculture, 2024.
29. Daniel Kelly, Method Emerges For Estimating Biodiversity With Tree Cover, 2025.

30. The World Health Organization (WHO), “Air Quality: Health Impacts of Air Pollution”, 2022.
31. C40 Cities, “How to achieve a walking and cycling transformation in your city”, 2021.
32. The World Health Organization (WHO), “BreatheLife2030”, 2022.
33. The World Health Organization (WHO), “Six impactful actions cities can take to improve their air quality”, 2022.
34. C40 Cities, “How to drive a modal shift from private vehicles to public transport, walking and cycling”, 2021.
35. C40 Cities, “Why every city needs universal waste collection and safe disposal as the foundation for sustainable waste management”, 2019
36. Lori Balster, A Network for Monitoring Snow, 2023.
37. Andrew Blok, Diatoms Dominate Muskedon Lake In a Cold and Reiny Year, 2023.
38. Karla Lant, Extreme Wave Heights, Ocean Winds Increasing Clobally, 2023.
39. Lori Balster, Utah’s Canyonlands Research Center: Study Location, 2023.
40. Mindy Cooper, University of Utah Study Shows Arctic Clouds Sensitive to Air Pollution, 2024.
41. Jake Zuckerman, Researchers Find Link Beetween Forest Fires And Health, 2024.
42. Daniel Kelly, California’s Natural Reserve Systems Has Sights On Climate, 2024.
43. American Heart Association, “Evidence growing of air pollution’s link to heart disease”, 2010.
44. EPA, “Air Pollutants”, 2006.