METODOLOGIJA OCJENE KEMIJSKOG STANJA TIJELA PODZEMNIH VODA

Hrvatske vode, listopad 2026.

1004268699

HRVATSKE VODE

pravna osoba za upravljanje vodama
ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220

KLASA: 325-04/26-13/0000042
URBROJ: 374-1-2-26-1
Zagreb, 15.10.2026.

Na temelju članka 19. stavka 6. Uredbe o standardu kakvoće voda (Narodne novine, br. 96/19, 20/23 i 50/23 - ispravak), članka 205., stavka 2., točke 5. Zakona o vodama (Narodne novine, br. 66/19, 84/21 i 47/23) i članka 21. stavka 1 točke 12. Statuta Hrvatskih voda, donosi se

ODLUKA

O DONOŠENJU METODOLOGIJE OCJENE KEMIJSKOG STANJA TIJELA PODZEMNIH VODA

1. Donosi se Metodologija ocjene kemijskog stanja tijela podzemnih voda.

   Metodologija iz točke 1. ove Odluke sastavni je dio ove Odluke.

2. Ova Odluka stupa na snagu danom donošenja i biti će objavljena na mrežnim stranicama Hrvatskih voda (internet).

GENERALNI DIREKTOR

mr.sc. Zoran Đuroković, dipl.ing.građ.

HRVATSKE VODE 1 ZAGREB

O TOME OBAVIJEST:

1. Ministarstvo zaštite okoliša i zelene tranzicije, Uprava vodnoga gospodarstva i zaštite mora
2. Institut za vode Josip Juraj Strossmayer
3. Ured generalnog direktora
4. Sektor razvitka i vodnogospodarskog planiranja
5. Sektor korištenja voda
6. Pismohrana

SADRŽAJ

PRAVNI OKVIR I PODLOGE
1. UVOD 1
2. STANDARD KAKVOĆE ZA OCJENU KEMIJSKOG STANJA PODZEMNIH VODA 3
3. ODREĐIVANJE POZADINSKIH (ENGL. BACKGROUND BL) VRIJEDNOSTI 4
3.1. PANON 4
3.2. KRŠ 5
4. ODREĐIVANJE GRANIČNIH (ENGL. THRESHOLD TV) VRIJEDNOSTI ZA POTREBE KLASIFIKACIJSKIH TESTOVA 5
4.1. TEST „OPĆA OCJENA KAKVOĆE“ 5
4.2. TEST „ZAŠTITNE ZONE IZVORIŠTA VODE ZA LJUDSKU POTROŠNJU“ 6
4.3. TEST „POVRŠINSKE VODE POVEZANE S PODZEMNIM VODAMA“ 6
4.4. Test „Zaslanjenje ili drugE PRIRODNE intruzijE“ 7
4.5. Test „Ekosustavi ovisni o podzemnim vodama“ 7
5. PRIPREMA KEMIJSKIH PARAMETARA I AGREGACIJA PODATAKA NA RAZINI TIJELA PODZEMNIH VODA ZA KLASIFIKACIJSKE TESTOVE I ANALIZA TRENDOVA 9
5.1. PANON 9
5.1.2. AGREGIRANJE REZULTATA PRI ISPITIVANJU TRENDA ONEČIŠĆIVALA 10
5.1.3. IZGLAĐIVANJE PODATAKA.....11
5.1.4. ODREĐIVANJE STATISTIČKI ZNAČAJNOG TRENDA 11
5.1.5. PREDVIĐANJE TRENDA.....11
5.1.6. METODOLOGIJA ODREĐIVANJA OKOLIŠNO ZNAČAJNOG TRENDA I POČETNE TOČKE ZA PROMJENU TRENDA.....11
5.1.7. PROCJENA POUZDANOSTI TRENDA.....12
5.2. KRŠ 13
5.2.1. PRIPREMA KEMIJSKIH PARAMETARA I AGREGACIJA PODATAKA NA RAZINI TIJELA PODZEMNIH VODA ZA KLASIFIKACIJSKE TESTOVE 13
5.2.2. ANALIZA TRENDOVA.....13
6. KLASIFIKACIJSKI TESTOVI ZA OCJENU KEMIJSKOG STANJA 14
6.1. TEST „ZASLANJENJE ILI DRUGE PRIRODNE INTRUZIJE“ 14
6.1.1. PANON 14
6.1.2. KRŠ.....16
6.2. Test “zaštitne zone izvorišta vode za ljudsku potrošnju“.....17
6.2.1. PANON 14
6.2.2. KRŠ.....20
6.3. Test „Ocjena opće kakvoće“.....21
6.3.1. PANON 21

6.3.2. KRŠ 24
6.4. Test „površinske vode povezane s podzemnim vodama“ 24
6.5. Test „ekosustavi ovisni o podzemnim vodama“ 27
7. INDIKATORI POBOLJŠAVANJA KEMIJSKOG STANJA ZA NITRATE I PESTICIDE 28
7.1. NITRATI 28
7.2. PESTICIDI - PRELIMINARNA METODA 29
8. METODOLOGIJA PROCJENE RIZIKA OD NEPOSTIZANJA DOBROG KEMIJSKOG STANJA 29
9. LITERATURA 33
9.1. LEGISLATIVA 33
9.2. STUDIJE I VODIČI 33

POPIS TABLICA:

Tablica 1. Određivanje razine pouzdanosti ocjene stanja tijela podzemne vode kroz provedbu testa „Zaslanjenje ili druge prirodne intruzije“ za panon 15
Tablica 2. Određivanje razine pouzdanosti ocjene stanja tijela podzemne vode kroz provedbu testa „Zaštitne zone izvorišta vode za ljudsku potrošnju“ za panon 19
Tablica 3. Kriteriji za određivanje razine pouzdanosti ocjene stanja tijela podzemne vode kroz provedbu testa „Ocjena opće kakvoće“ za panon 23

POPIS SLIKA:

Slika 1 Metodološki pristup ocjeni kemijskog stanja podzemnih voda 1
Slika 2 Klasifikacijski testovi za ocjenu kemijskog stanja podzemnih voda 2
Slika 3 Postupak procjene rizika nasuprot ocjene kemijskog stanja 3
Slika 4 Postupak provedbe Testa „Zaslanjenje ili druge prirodne intruzije“ za panon 14
Slika 5 Postupak provedbe Testa „Zaslanjenje ili druge prirodne intruzije“ za krš 17
Slika 6 Postupak provedbe Testa“ Zaštitne zone izvorišta vode za ljudsku potrošnju“ za panon 18
Slika 7 Postupak provedbe Testa „Zaštitne zone izvorišta vode za ljudsku potrošnju“ testa za krš 20
Slika 8 Postupak provedbe Testa „Ocjena opće kakvoće“ za panon 22
Slika 9 Postupak provedbe Testa „Ocjena opće kakvoće“ za krš 24
Slika 10 Postupak provedbe Testa površinske vode povezane s podzemnim vodama 26
Slika 11 Test ekosustavi ovisni o podzemnim vodama 28
Slika 12 Blok dijagram procjene rizika od nepostizanja dobrog kemijskog stanja tijela podzemnih voda 32

PRAVNI OKVIR I PODLOGE

Implementacija zahtjeva i ciljeva Okvirne direktive o vodama 2000/60/EZ (u daljnjem tekstu: ODV) i Direktive o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće 2006/118/EZ i 2014/80/EZ (u daljnjem tekstu: DZP) za uspješno upravljanje podzemnim vodama provedena je kroz Zakon o vodama (Narodne novine, br. 66/19, 84/21 i 47/23, u daljem tekstu: Zakon o vodama) i Uredbu o standardu kakvoće voda (Narodne novine, br. 96/19, 20/23 i 50/23, u daljnjem tekstu: Uredba). Prema ODV i DZP, a u cilju zaštite podzemnih voda prihvaćen je pojam stanje podzemne vode. Prema Zakonu o vodama članak 4. stavak (1) točka 86. stanje podzemne vode je općeniti pojam koji je određen temeljem njezinog količinskog i kemijskog stanja. Na temelju rezultata monitoringa podzemnih voda, a prema Zakonu o vodama, članku 52., stavka (4) i stavka (6), podzemne vode ocjenjuju se i svrstavaju u odgovarajuću kategoriju u skladu s njihovim kemijskim ili količinskom stanjem koje može biti dobro ili loše. Tijelo podzemne vode je određen volumen podzemne vode u jednom ili više vodonosnika prema Zakonu o vodama, članak 4., stavak (1), točka 89.

Uredbom je propisan standard kakvoće podzemnih voda prema Zakonu o vodama, članak 47., stavak 1. Prema istom članku Zakona o vodama, članak 47., stavak 2. Uredba sadrži kemijske i količinske pokazatelje za podzemne vode, uključujući i mjerila za ocjenjivanja stanja i utvrđivanje značajki trajnih promjena stanja podzemnih voda.

Uredbom, članak 41. određuju se standardi kakvoće podzemnih voda. Kemijsko stanje tijela podzemnih voda ocjenjuje se na temelju:

1. standarda kakvoće podzemnih voda iz Tablice 2. Priloga 6. Uredbe i
2. graničnih vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari iz Tablice 3. Priloga 6. Uredbe, sukladno postupku utvrđenom u članku 45. Uredbe.

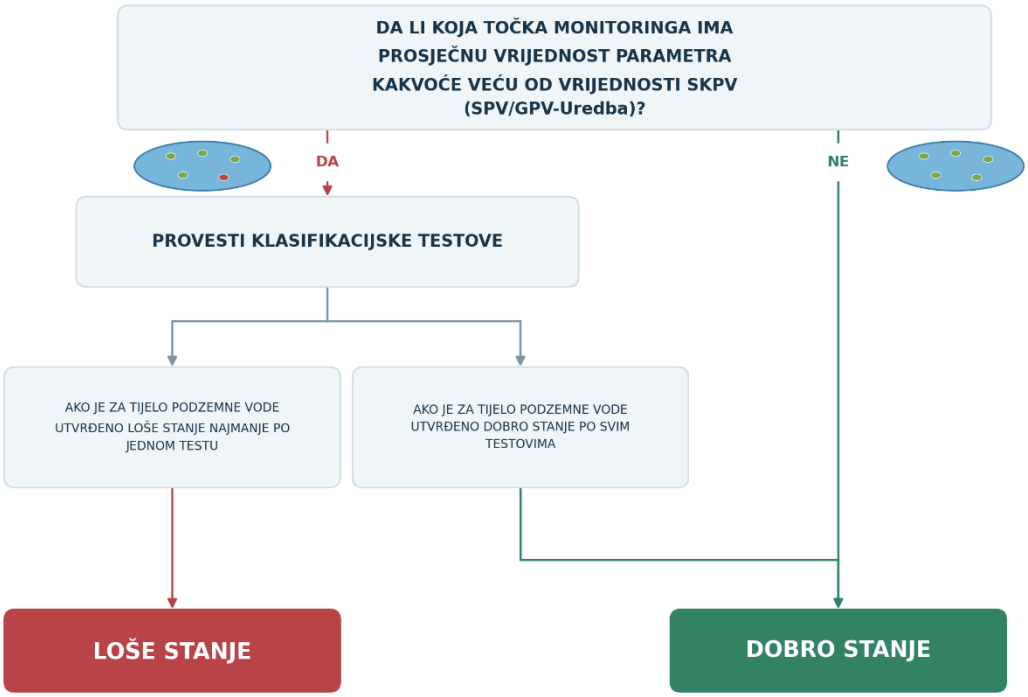
Za procjenu rizika nepostizanja dobrog stanja uzimaju se u obzir najmanje pokazatelji iz Priloga 6. Uredbe za koje su utvrđeni standardi kakvoće podzemnih voda (SKPV):

(1) Kemijsko stanje tijela podzemne vode ocjenjuje se sukladno Metodologiji ocjene kemijskog stanja tijela podzemnih voda, koja sadrži postupak određivanja pozadinskih i graničnih vrijednosti, testiranja za ocjenu kemijskog stanja, određivanja statistički značajnog trenda i točke promjene trenda.
(2) Metodologiju ocjene kemijskog stanja tijela podzemnih voda donose Hrvatske vode i objavljuje se na mrežnim stranicama Ministarstva zaštite okoliša i zelene tranzicije i Hrvatskih voda.

Ocjena kemijskog (i količinskog) stanja tijela podzemnih voda provodi se primjenom klasifikacijskih testova. Najlošiji rezultat od svih relevantnih testova usvaja se za ukupno ocjenu kemijskog (i količinskog) stanja nekog tijela podzemne vode. Metodologija za ocjenu kemijskog stanja razlikuje se za panonski od krškog područja Republike Hrvatske zbog različitih hidrogeoloških karakteristika aluvijalnih vodonosnika dominantnih u panonskom dijelu od krških u krškom dijelu područja. Ova metodologija izrađena je u Hrvatskim vodama, korištena je za izradu Plana upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021. i Plana upravljanja vodnim područjima do 2027., a koristiti će se i za izradu Plana upravljanja vodnim područjima 2028. - 2033. Podloge za metodologiju za panonski dio Hrvatske bile su studije „Definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području panonskog dijela Hrvatske“ Rudarsko - geološko - naftnog fakulteta, Zagreb iz 2016. godine i „Definiranje kriterija za određivanje pozadinskih koncentracija i graničnih vrijednosti onečišćujućih tvari u tijelima podzemne vode u panonskom dijelu Hrvatske“, također Rudarsko - geološko - naftnog fakulteta, Zagreb iz 2018. godine. Podloga za metodologiju za krški dio Hrvatske bila je studija „Definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području krša u Hrvatskoj“, Geotehničkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin iz 2016. godine.

1. UVOD

Tijelo podzemne vode je određen volumen podzemne vode u jednom ili više vodonosnika prema Zakonu o vodama, članak 4., stavak (1), točka 89. Na temelju rezultata monitoringa podzemnih voda na tijelu podzemnih voda, a prema Zakona o vodama, članku 52. stavka (4) i stavka (6), tijelo podzemne vode ocjenjuje se i svrstava u kategoriju dobrog ili lošeg stanja (Slika 1.).



Slika 1. Metodološki pristup ocjeni kemijskog stanja podzemnih voda

Postupak ocjene kemijskog stanja provodi se u dva koraka:

1. U prvom koraku provodi se analiza kako bi se utvrdilo je li potrebno provoditi klasifikacijske testove. Analizira se prelazi li barem jedan propisani parametar iz Uredbe na bilo kojoj točki monitoringa srednju godišnju vrijednost standarda i/ili granične vrijednosti. Ukoliko na niti jednoj od točaka unutar tijela podzemnih voda nema prekoračenja srednje godišnje vrijednosti parametara standarda/ granične vrijednosti, ocjenjeno je da se tijelo podzemnih voda nalazi u dobrom stanju.

   U tom slučaju nije potrebno provoditi klasifikacijske testove za to tijelo podzemne vode.

   U ovoj metodologiji svi parametri koji doprinose riziku i koji se koriste u postupku ocjene kemijskog stanja definiraju se kao „kritični parametri“. Zaključno za procjenu rizika nepostizanja dobrog stanja uzimaju se u obzir najmanje pokazatelji - „kritični parametri“ iz Priloga 6. Uredbe za koje su utvrđeni standardi kakvoće za ocjenu kemijskog stanja podzemnih voda (SKPV).

2. Kad srednja vrijednost koncentracija „kritičnih parametara“ prelazi neki od standarda kakvoće ili neku od graničnih vrijednosti na jednoj ili više lokacija mjernih postaja postaje mjerno mjesto gdje će se sprovesti klasifikacijski testovi za ocjenu kemijskoga stanja, kako bi se utvrdilo uzrokuje li prekoračenje standarda kakvoće i/ili graničnih vrijednosti loše stanje tijela podzemnih voda.

3. U daljnjem postupku provode se testovi prema propisanoj proceduri za ocjenu kemijskoga stanja tijela podzemnih voda: Test zaslanjenje ili drugih intruzija; Test zaštitne zone izvorišta vode za

ljudsku potrošnju, Test Ocjena opće kakvoće, Test Površinske vode povezane s podzemnim vodama i Ekosustavi ovisni o podzemnim vodama (Slika 2.). Za ocjenu kemijskoga stanja tijela podzemne vode koriste se srednje godišnje vrijednosti parametara u zadnjih dvije do šest godina. Tijelo podzemne vode je u lošem kemijskom stanju ukoliko rezultati bilo kojega klasifikacijskoga testa pokazuju loše stanje.



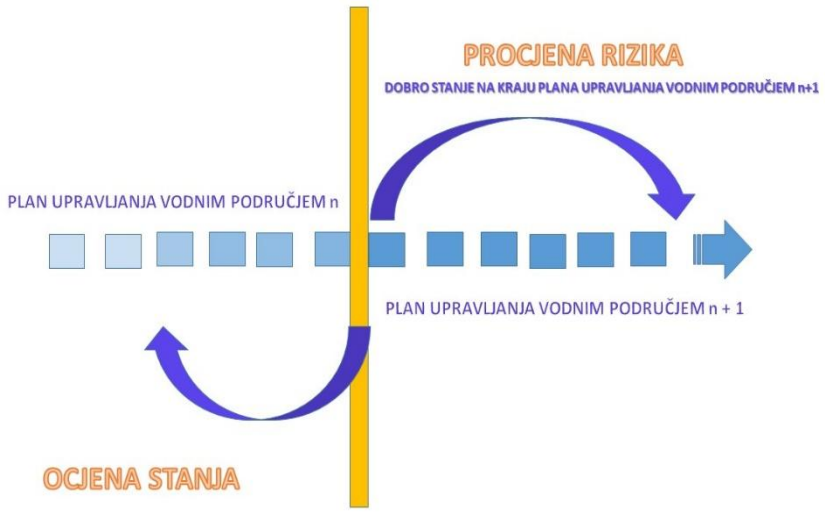
Slika 2. Klasifikacijski testovi za ocjenu kemijskog stanja podzemnih voda

Konačni rezultat ocjene kemijskoga stanja izražava se s određenom razinom pouzdanosti (visokom ili niskom), koja ovisi o kvaliteti i dostupnosti podataka. Postupak određivanja razine pouzdanosti provodi se prema procedurama koje su opisane u ovoj metodologiji za svaki pojedini test.

Postupak procjene rizika u odnosu na ocjenu kemijskog stanja:

Provjera procjene rizika od nepostizanja dobrog kemijskog stanja na početku Plana upravljanja vodnim područjima mora biti jasno različita od ocjene stanja podzemnih vodnih tijela na kraju ciklusa prethodnog Plana upravljanja vodnim područjima. Na početku svakog ciklusa planskog razdoblja procjena rizika temelji se na ocjeni opterećenja i utjecaja, te predviđa procjenu stanja vodnog tijela na kraju tog planskog ciklusa. Procjena rizika uključuje analizu dosadašnjih podataka nadzornog monitoringa i svaki postojeći trend. Ako podzemno vodno tijelo na kraju ciklusa nije evidentno u dobrom stanju, potrebno je provesti operativni monitoring i donijet program mjera, te preciznije odrediti granične vrijednosti za klasifikacijske testove na tom podzemnom vodnom tijelu. Na kraju svakog planskog razdoblja, ocjena

kemijskog stanja pokazuje efikasnost provedenih mjera. Procjena rizika provodi se u razdoblju do dva planska ciklusa plana upravljanja vodnim područjima. Ako je tijelo podzemnih voda u dobrom stanju, ali postoje pokazatelji koji upućuju da bi opterećenje unutar toga tijela mogli dovesti do lošega stanja do kraja idućega planskog razdoblja, tada tijelo podzemnih voda treba označiti da je u riziku od nepostizanja cilja „sprječavanje pogoršanja stanja tijela podzemnih voda“. Sva ona tijela koja su ocjenjena da su u lošem stanju treba označiti da su u riziku od nepostizanja cilja „postići dobro stanje podzemnih voda. Ocjena stanja i procjena rizika naizgled se odvija u isto vrijeme, ali u različitim paralelnim procesima. Procjena rizika unaprijed ocjenjuje stanje vodnog tijela u sljedećem planskom razdoblju, a ocjena stanja se odvija se u prethodnom planskom razdoblju.



Slika 3. Postupak procjene rizika nasuprot ocjene kemijskog stanja

2. STANDARD KAKVOĆE ZA OCJENU KEMIJSKOG STANJA PODZEMNIH VODA

Za ocjenjivanje kemijskoga stanja tijela podzemnih voda korišteni su parametri i njihovi standardi kakvoće, te granične vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari propisane Uredbom (Prilog 6). Parametri koji su korišteni za ocjenjivanje kemijskog stanja tijela podzemnih voda definiraju se kao standardi kakvoće za ocjenu kemijskog stanja podzemnih voda, a to su: nitrati, aktivne tvari u pesticidima, arsen, kadmij, olovo, živa, amonij, kloridi, sulfati, nitriti, ukupni fosfor, ortofosfati, suma trikloretena i tetrakloretena, te električna vodljivost. Prema Uredbi dijele se na standarde kakvoće podzemnih voda (u daljnjem tekstu SPV) a to su nitrati i aktivne tvari u pesticidima uključujući njihove relevantne metabolite, produkte razgradnje i reakcije (Uredba, Prilog 6., Tablica 2.) i granične vrijednosti koncentracija specifičnih onečišćujućih tvari (u daljnjem tekstu GVPV) a to su: arsen, kadmij, olovo, živa, amonij, kloridi, sulfati, ortofosfati, nitriti, ukupni fosfor, suma trikloretilena i tetrakloretilena, te električna vodljivost (Uredba, Prilog 6., Tablica 3).

Standardi kakvoće podzemnih voda su svi oni parametri koji se javljaju isključivo pod utjecajem čovjeka i njihov standard je određen na razini EU i to ODV i DZP, te se u konačnici definiraju na nacionalnoj razini prema Uredbi.

Specifične onečišćujuće tvari su one tvari koje se javljaju u prirodnom stanju i pod utjecajem ljudskih aktivnosti, te je korišten pristup određivanja graničnih vrijednosti na razini pojedinačnih tijela podzemne vode, uzimajući u obzir pozadinske vrijednosti.
Za tijela podzemne vode koja zbog geološkog podrijetla sadrže više koncentracije arsena, olova, fosfora, amonija i sulfata, granične vrijednosti su definirane na temelju pozadinskih vrijednosti

izračunatih iz rezultata analiza podataka nacionalnog monitoringa kemijskog stanja podzemnih voda iz razdoblja od 2014. do 2018. godine i studije „Definiranje kriterija za određivanje pozadinskih koncentracija i graničnih vrijednosti onečišćujućih tvari u tijelima podzemne vode u panonskom dijelu Hrvatske „ Rudarsko - geološko - naftnog fakulteta Zagreb, 2018 godine.

Zaključno za procjenu rizika nepostizanja dobrog stanja uzimaju se u obzir najmanje pokazatelji iz Priloga 6. Uredbe za koje su utvrđeni standardi kakvoće za ocjenu kemijskog stanja podzemnih voda (SKPV).

SKPV (standard kakvoće za ocjenu kemijskog stanja podzemnih voda) = SPV (standard kakvoće podzemnih voda) + GVPV (granične vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari)

Svi parametri koji se koriste za ocjenjivanje kemijskog stanja podzemnih voda osim ortofosfata i ukupnog fosfora SPV / GVPV preuzeti su iz maksimalnih vrijednosti koncentracija (M.D.K.) Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode namijenjene za ljudsku potrošnju (Narodne novine, br. 64/23).

3. ODREĐIVANJE POZADINSKIH (ENGL. BACKGROUND BL) VRIJEDNOSTI

Kada se određuju granične vrijednost parametara GVPV koje se mogu javljati prirodno i pod utjecajem ljudskih aktivnosti, tada je za parametre: arsen, kadmij, olovo, živa, amonij, kloridi, sulfati, ortofosfati, nitriti, ukupni fosfor, i električnu vodljivost potrebno odrediti njihove pozadinske vrijednosti. Pozadinska vrijednost (engl. background value, BL) se za potrebe određivanja graničnih vrijednosti i ocjene kemijskoga stanja određuje kao ambijentalna pozadinska vrijednost jer povišene razine koncentracija neke tvari u vodi proizlaze iz dugoročnog utjecaja čovjeka što znači da izmjerene vrijednosti koncentracija neke tvari nisu i ne mogu biti odraz prirodnih uvjeta. Pozadinske vrijednosti, za sve glavne parametre određuju se za svako tijelo podzemnih voda posebno, ovisno o dostupnim podacima iz programa motrenja kakvoće podzemnih voda i sirove vode na izvorištima. Iznimno, pozadinske vrijednosti za parametre koji su osjetljivi na promjene oksidacijsko-redukcijskih uvjeta u vodonosnoj sredini, mogu se određivati posebno za područja u kojima prevladavaju oksidativni uvjeti, odnosno reduktivni uvjeti. Kao dodatni kriterij kojim se određuje pozadinska koncentracija je određivanje u svakom (hidrogeološki hidrogeokemijski) homogenom području u okviru promatranog tijela (grupe tijela) podzemne vode.

3.1. PANON

Za određivanje pozadinskih vrijednosti za panonski dio Hrvatske koriste se većinom objektivne metode koje se temelje na pristupu određivanja funkcije raspodjele vjerojatnosti i kod kojih se granice između pozadinskih i antropogeno uvjetovanih koncentracija određuju temeljem podataka. Za panonski dio Hrvatske po preporuci BRIDGE projekta statističke metode su nadopunjene, te su preciznije određene pozadinske vrijednosti na temelju studije: Definiranje kriterija za određivanje pozadinskih koncentracija i graničnih vrijednosti onečišćujućih tvari u tijelima podzemne vode u panonskom dijelu Hrvatske, Rudarsko - geološko - naftni fakultet, 2018, Zagreb. Statističke objektivne metode su: Metoda temeljena na vjerojatnosnom grafu (MTVG), Lepeltierova metoda (LM), Iterativna 2σ metoda, Izračunata funkcija razdiobe i Metoda razdvajanja komponenata. U manjoj mjeri koriste se subjektivne metode: Metoda prethodnog odabira (MPO) i Medijan +2MAD metoda koje u osnovi predviđaju primjenu određenoga statističkoga ili matematičkoga modela na odabrani niz geokemijskih podataka, ali koje se ne temelje na nekom prethodno definiranom obliku razdiobe podataka. Ukoliko podataka uopće nema za neko tijelo podzemne vode, tada je moguće koristiti pozadinske vrijednosti definirane u nekoj drugoj grupi tijela podzemne vode koja ima isti tip vodonosnika. Za pojedina tijela podzemne vode koja zbog geološkog podrijetla sadrže više koncentracije arsena, olova, fosfora, amonija i sulfata, granične vrijednosti su definirane i nalaze se u Tablici 3. Prilog 6. Uredbe na temelju usporedbe pozadinskih vrijednosti za i rezultata analiza iz nacionalnog monitoringa kemijskog stanja podzemnih voda u razdoblju od 2014. do 2019. godine, te rezultata studije Rudarsko - geološko - naftnog fakulteta.

3.2. KRŠ

Za krško područje je zbog sličnih uvjeta u vodonosniku, ali i ograničenog broja opažanja i analiza na tijelima podzemnih voda, određivanje pozadinskih vrijednosti (BL) temeljeno je na razini cjelokupnog krškog područja. Na temelju usporedbe pozadinskih vrijednosti za sulfate i rezultata analiza iz nacionalnog monitoringa kemijskog stanja podzemnih voda u razdoblju od 2014. do 2019. godine određene su granične vrijednosti za podzemno vodno tijelo Neretva koje zbog geološkog podrijetla sadrži povišene koncentracije sulfata, te za jadranske otoke povišenih vrijednosti el. vodljivosti i klorida.

4. ODREĐIVANJE GRANIČNIH (ENGL. THRESHOLD TV) VRIJEDNOSTI ZA POTREBE KLASIFIKACIJSKIH TESTOVA

Razlikuju se granične vrijednosti koje se odnose obzirom na korištenje podzemnih voda.

4.1. TEST „OPĆA OCJENA KAKVOĆE“

Parametri koji doprinose riziku i koji se koriste dalje u postupku ocjene kemijskoga stanja definiraju se kao „kritični parametri“. U slučajevima kad srednja vrijednost koncentracija „kritičnih parametara“ prelazi neki od SPV ili neku od GVPV na jednoj ili više lokacija mjernih postaja, provode se klasifikacijski testovi za ocjenu kemijskoga stanja kako bi se utvrdilo uzrokuje li prekoračenje SPV i/ili GVPV loše stanje tijela podzemnih voda.

Za test koriste se „kritični“ parametri za koje su Uredbom određeni SPV: nitrati i aktivne tvari u pesticidima uključujući njihove relevantne metabolite, produkte razgradnje i reakcije (Uredba, Prilog 6., Tablica 2.) i GVPV za koje je Uredbom propisano da predstavljaju također elemente za ocjenu kemijskog stanja i to: arsen, kadmij, olovo, živa, amonij, kloridi, sulfati, ortofosfati, nitriti, ukupni fosfor, suma trikloretilena i tetrakloretilena, te električna vodljivost (Uredba, Prilog 6., Tablica 3.).

Za potrebe klasifikacijskih testova definiraju se granične vrijednosti (TV) parametara koji prelazi srednju godišnju vrijednosti SPV / GVPV vrijednost u zadnjih dvije do šest godina.

- Kriterijska vrijednost (u daljnjem tekstu CV) postavlja se kao standard kakvoće/granična vrijednost specifičnih onečišćujućih tvari sukladno odredbama Uredbe ($CV_i = SPV_I / GVPV_I$). Kriterijska vrijednost ne uzima u obzir pozadinske vrijednosti .

Ukoliko se radi o kemijskom ili fizikalno-kemijskom parametru koji se u podzemnim vodama javlja u prirodnom stanju, kao i pod utjecajem čovjeka, za navedeni parametar je potrebno definirati pozadinsku vrijednost (u daljnjem tekstu BL_i).

- Uspoređuje se kriterijska vrijednost i pozadinska vrijednost:

    i) Ako je $CV_i \leq BL_i$, tada je granična vrijednost parametra za potrebe klasifikacijskog testa (u daljnjem tekstu TV_i) jednaka BL_i ($TV_i = BL_i$). Pozadinska vrijednost BL_i, koja se primjenjuje u postupku računanja granične vrijednosti, određuje se kao gornja granica raspona pozadinske vrijednosti.

    ii) Ako je $CV_i > BL_i$, tada je TV_i jednaka:

    za sve kritične parametre $TV_i = CV_i = SPV_I / GVPV_I$ osim za nitrate i električnu vodljivost, za nitrate gdje je TV = 75 % CV_i = 75 % SPV za panon i krš. U slučaju okolišnog kriterija u slučaju intruzija zaslanjene vode ili druge intruzije za parametar električnu vodljivost u kršu TV = 50 % GVPV, te je graničnu vrijednost za klasifikacijski test TV = 50 % CV = 50 % GVPV.

Za sva tijela podzemne vode potrebno je odrediti granične vrijednosti za potrebe provedbe testa Ocjena opće kakvoće osim u iznimnim slučajevima ukoliko više od 70 % površine tijela podzemne vode zauzimaju neproduktivni vodonosnici, koji ne daju količine veće od 10 m^3/dan. Za njih se ne provodi test

Ocjene opće kakvoće a to su: To su: Bednja CDGI - 20, Sutla - Krapina CSGI - 24, Orljava CSGN - 26, Una CSGI - 32, CSGI - 31 Kupa.

4.2. TEST „ZAŠTITNE ZONE IZVORIŠTA VODE ZA LJUDSKU POTROŠNJU“

Za ovaj test koriste se granične vrijednosti za koje su *Uredbom* određeni standardi kakvoće i granične vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari. Granične vrijednost za provedbu testa „Test zaštitne zone izvorišta vode za ljudsku potrošnju“ (TV_i) iznosi 75 % standarda kakvoće /granične vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari za sve kritične parametre iz Uredbe. TV_i = 75 % CV_i = 75 % SPV_I / $GVPV_I$. Postotak 75 % od standarda/granične vrijednosti je faktor sigurnosti.

4.3. TEST „POVRŠINSKE VODE POVEZANE S PODZEMNIM VODAMA“

Procjena kakvoće podzemnih voda unutar tijela podzemne vode s obzirom na povezanost površinskih i podzemnih voda provodi se kako bi se spriječilo značajno pogoršanje kemijskog stanja površinskih voda. Stanje se procjenjuje na temelju procjene stanja površinskih voda i procjene prijenosa onečišćujućih tvari iz podzemnih u površinske vode.

Stanje se procjenjuje na temelju procjene stanja površinskih voda i procjene prijenosa onečišćujućih tvari iz podzemnih u površinske vode. U Hrvatskoj su tijela podzemnih voda u pravilu povezana s površinskim vodama. U panonskom dijelu Hrvatske, podzemne vode akumulirane u vodonosnicima međuzrnske poroznosti, najvećim dijelom otječu u površinske vode, a manjim dijelom tijekom godine površinske vode napajaju vodonosnike. To se uglavnom događa tijekom visokih vodostaja.

U krškom dijelu Hrvatske podzemne vode su s površinskim vodama povezane na način da površinske vode na okršenim dijelovima terena poniru u podzemlje, teku kroz podzemlje i nailaskom na slabije propusne naslage (barijere) istječu na površinu formirajući površinski tok. Tipičan primjer takve povezanosti su mjesta istjecanja podzemne vode na kontaktu sa slabije propusnim klastičnim naslagama istaloženim u krškim poljima, formiranje površinskog toka duž krških polja, te poniranje vodotoka u podzemlje nailaskom na okršene karbonatne stijene.

Za test koriste se granične vrijednosti za koje su Uredbom propisani okolišni standardi kakvoće za prioritetne tvari i ostale onečišćujuće tvari površinskih voda sukladno Prilogu 5.B., Uredbe (u daljnjem tekstu standardi kakvoće vodenog okoliša - SKVO). TV_i = SKVOi.

Na području panonske Hrvatske od SKVO su analiziraju se sljedeći parametri:

- teški metali: kadmij, olovo, nikal, živa
- pesticidi: DDT, aldrin, dieldrin, endrin
- herbicidi: atrazin, simazin
- insekticidi: klorpirifos (- etil), klorfenvinfos
- onečišivaći iz industrije: trikloretilen, tetrakloretilen, 1,2-dikloretan, diklormetan, triklorbenzen (svi izomeri), benzen, atracen, naftalen, fluoranten, benzo(a)piren, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(g,h,i)perilen, indeno(1,2,3-cd)piren, pentaklorbenzen i pentaklorfenol.

Na krškom području od SKVO analiziraju se sljedeći parametri:

- teški metali: kadmij, olovo, nikal, živa
- pesticidi: DDT, aldrin, dieldrin, endrin
- herbicidi: atrazin, simazin
- insekticidi: klorpirifos (-etil), klorfenvinfos
- parametri iz skupine ugljikovodika analiziraju sporadično.

Ako su površinske vode ocijenjene u lošijem stanju od dobroga, analizira se da li je u podzemnoj vodi prekoračen relevantni standard kakvoće vode. U slučaju da je tijelo podzemnih voda ocijenjeno u lošem stanju, analizira se i mogućnost prijenosa onečišćujućih tvari iz podzemnih voda u površinske vode. Ako

takva mogućnost ne postoji, tijelo podzemnih voda je u dobrom stanju. Ako postoji i ako je taj doprinos značajan, tijelo podzemnih voda je u lošem stanju. Značajan doprinos podrazumijeva da više od 50 % onečišćenja tijela iz površinskih voda potječe iz podzemne vode.

4.4. TEST „ZASLANJENJE ILI DRUGE PRIRODNE INTRUZIJE“

Granične vrijednosti za potrebe provedbe klasifikacijskih testova: Test zaslanjenje ili druge prirodne intruzije i Test zaštitne zone izvorišta vode za ljudsku potrošnju određuju se isključivo ukoliko u tijelu podzemne vode postoji crpilište za javnu vodoopskrbu, odnosno ukoliko je utjecaj crpljenja takav da uzrokuje promjenu geokemijskih uvjeta u vodonosnoj sredini (test Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora), a time i porast koncentracija parametara koji se javljaju prirodno ili pod utjecajem čovjeka, a koji su osjetljivi na promjene pH i Eh uvjeta u vodonosnoj sredini. Za potrebe određivanja pojedinih graničnih vrijednosti u okviru nekoga tijela podzemne vode koriste se mjerne postaje, koje su relevantne za pojedini test.

Za test koriste se granične vrijednosti:

i. Ako je $CV_i \leq BL_i$, tada je granična vrijednost parametra (TV_i) jednaka BL_i: $TV_i = CV_i = BL_i$.
ii. Ako je CVi > BLi, tada je granična vrijednost parametra TV_i jednaka:
50 % granične vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari Uredbe o standardu kakvoće i to za relevantne parametre koji mogu biti pokazatelji prodora slane vode ili drugih (prirodnih prodora): električnu vodljivosti, kloride i sulfate (Uredba, Prilog 6., Tablica 3.). TV_i = 50 % CV_i = 50 % $GVPV_i$.

4.5. TEST „EKOSUSTAVI OVISNI O PODZEMNIM VODAMA“

Procjena kakvoće podzemnih voda unutar tijela podzemnih voda s obzirom na ekosustave ovisne o podzemnim vodama provodi se kako bi se spriječilo značajno pogoršanje kemijskog stanja ekosustava ovisnih o podzemnim vodama. Ekosustavi ovisni o podzemnoj vodi uključuju:

(1) kopnene ekosustave koji sezonski ili povremeno ovisne o podzemnoj vodi,
(2) riječne tokove koje uključuju vodena, hiporeička i obalna staništa (prethodno navedeno),
(3) vodonosnike i špiljske ekosustave,
(4) močvare ovisne o podzemnoj vodi u svakom trenutku,
(5) izvore,
(6) estuarije i morske ekosustave ovisne o podzemnoj vodi.

Za test kopnenih i vodenih ekosustava ovisnih o podzemnim vodama izdvojena su iz Nature 2000 (prema Dodatku I. Direktive o staništima) ekosustavi, odnosno staništa ovisna o podzemnim vodama s pripadajućim NATURA kodovima. Na temelju Pravilnika o popisu stanišnih tipova i karti staništa (Narodne novine, br. 27/21 i 101/22), Prilog III., za svaki ciljni stanišni tip navedeni su pripadajući stanišni tipovi sukladno NKS-u.

Eu sifra	OPIS	NKS	NKS OPIS
*1530	Panonske slane stepe i slane močvare	C.3.7.	Panonski slani travnjaci
3130	Amfibijska staništa Isoëto - Nanojuncetea	A.4.2.1.1.	Zajednica žućkastog oštrika
		A.4.2.1.3.	Zajednica jajaste jezernice i trožiljnog ljubora
		A.4.2.1.5.	Zajednica četverobridne jezenice
		A.4.2.2.	Mediteranske amfibijske
3140	Tvrde oligo - mezotrofne vode s dnom obraslim parožinama (Characeae)	A.3.1.	Submerzna vegetacija parožina
3150	Prirodne eutrofne vode s vegetacijom Hydrocharition ili Magnopotamion	A.3.2.	Slobodno plivajući flotantni i submerzni hidrofiti
		A.3.3.1.5.	Zajednice velikih mrijesnjaka
*3170	Mediteranske povremene lokve	A.4.2.1.4.	Sastojine bodljaste trnice
		A.4.2.1.6.	Sastojine žabljeg sita
*3180	Povremena krška jezera (Turloughs)	K.4.	Povremena krška jezera
3230	Obale planinskih rijeka s Myricaria germanica	D.1.1.1.1.	Predalpski vrbici s kebračem

Eu sifra	OPIS	NKS	NKS OPIS
3260	Vodni tokovi s vegetacijom Ranunculion fluitantis i Callitricho - Batrachion	A.3.3.2.	Zakorijenjene submerzne zajednice voda tekućica
3270	Rijeke s muljevitim obalama obraslim vegetacijom sveza Chenopodion rubri p.p. i Bidention p.p.	I.1.7.1.1.	Zajednica vodenog papra i trodjelnog dvozuba
		I.1.7.2.	Zajednica crvene lobode
32A0	Sedrene barijere krških rijeka Dinarida	A.3.5.	Sedrotvorne riječne zajednice
		A.3.6.	Sedrotvorna vegetacija na slapovima
6410	Travnjaci beskoljenke (Molinion caeruleae)	C.2.2.2.	Trajno vlažne livade Srednje Europe
6420	Mediteranski visoki vlažni travnjaci Molinio - Holoschoenion	C.2.5.3.	Vlažni visoki mediteranski pašnjaci
6430	Hidrofilni rubovi visokih zeleni uz rijeke i šume (Convolvulion sepii, Filipendulion, Senecion fluviatilis)	C.5.4.	Nizinske zajednice visokih zeleni
		I.1.5.4.5.	Zajednica bodljastog sladića
6510	Nizinske košanice (Alopecurus pratensis, Sanguisorba officinalis)	C.2.3.2.1.	Srednjoeuropske livade rane pahovke
		C.2.3.2.2.	Livade zečjeg trna i rane pahovke
		C.2.3.2.3.	Livade brdske zečine i rane pahovke
		C.2.3.2.4.	Livade gomoljaste končare i rane pahovke
		C.2.3.2.5.	Livade šuškavca i končare
		C.2.3.2.7.	Nizinske košanice sa ljekovitom krvarom
6540	Submediteranski travnjaci sveze Molinio - Hordeion secalini	C.2.5.1.	Ilirsko-submediteranske livade rječnih dolina
*7110	Gorski tresetni cret	C.1.2.2.	Nadignuti borealni cretovi s tresetom
7140	Prijelazni cretovi	C.1.2.1.2.	Cret zvjezdastog šaša i rosike
7150	Depresije na tresetnoj podlozi (Rhynchosporion)	C.1.2.1.1.	Cret bijele šiljkice
*7220	Izvori uz koje se taloži sedra (Cratoneurion) - točkaste ili vrpčaste formacije na kojima dominiraju mahovine iz sveze Cratoneurion commutati	A.2.1.1.3.	Helokreni izvori
7230	Bazofilni cretovi	C.1.1.	Bazofilni cretovi (niski cretovi)
8310	Špilje i jame zatvorene za javnost	H.1.1.	Kopnena kraška špiljska staništa
		H.1.2.	Amfibijska kraška špiljska staništa
		H.1.3.	Vodena (slatkodovna) kraška špiljska staništa
		H.1.5.	Zasumporene kraške špilje
		H.2.	Nekraške špilje i jame
9160	Subatlantske i srednjoeuropske hrastove i hrastovo - grabove šume Carpinion betuli	E.3.1.1.	Šuma hrasta lužnjaka i običnog graba (tipična subasocijacija)
		E.3.1.2.	Šuma hrasta lužnjaka i običnog graba (subasocijacija s bukvom)
		E.3.1.3.	Šuma hrasta lužnjaka i običnog graba (subasocijacija s cerom)
		E.3.1.4.	Šuma hrasta lužnjaka i običnog graba (subasocijacija sa srebrnolisnom lipom)
*91DO	Šume na acidofilnim cretovima	E.3.2.7.	Cretne brezove i druge šumice na sfagnumskom cretu
*91E0	Aluvijalne šume (Alno - Padion, Alnion incanae, Salicion albae)	E.1.1.	Poplavne šume
		E.1.2.	Poplavne šume topola
		E.1.3.	Šume bijele johe
		E.2.1.2.	Šuma gorskoga jasena s razmaknutim šašem
		E.2.1.3.	Šuma crne johe s blijedožućkastim šašem
		E.2.1.4.	Šuma crne johe s trušljom
		E.2.1.5.	Mješovita šuma crne johe i poljskog jasena sa sremzom
		E.2.1.6.	Šuma crne johe s dugoklasim šašem
		E.2.1.8.	Šuma crne johe s gajskom mišjakinjom
		E.2.1.10.	Šuma poljskoga jasena s razmaknutim šašem
91F0	Poplavne miješane šume Quercus robur, Ulmus laevis, Ulmus minor, Fraxinus excelsior ili Fraxinus angustifolia	E.2.1.1.	Šuma veza i poljskog jasena
		E.2.1.7.	Šuma poljskoga jasena s kasnim drijemovcem
		E.2.2.	Poplavne šume hrasta lužnjaka
92D0	Mediteranske galerije i šikare (Nerio - Tamaricetea)	D.3.2.3.	Zajednice dalmatinske metlike
		D.3.2.4.1.	Šikare kupine i oleandra
NAPOMENA: * prioritetni stanišni tip			

U panonskom dijelu Hrvatske dominantni su kopneni ekosustavi ovisni o podzemnim vodama. Svi kopneni ekosustavi smješteni su u blizini vodotoka, a njihovu ovisnost o podzemnim i/ili o površinskim vodama nije jednostavno odvojiti. Vodostaji površinskih voda u pravilu uvjetuju razine podzemnih voda, pa se može zaključiti da je utjecaj obostran.

U krškom dijelu Hrvatske dominantni ekosustavi ovisni o podzemnim vodama su, kada se isključe površinske vode, vodena (slatkovodna) krška špiljska staništa (prema NKS), odnosno špilje i jame zatvorene za javnost (prema NATURA 2000) od kojih su mnoge vezane za mjesta prirodnog istjecanja podzemnih voda (izvori). Razmatrani su samo oni speleološki objekti koji dosežu do razine podzemne vode u saturiranom dijelu krškog vodonosnika.

Za definiranje povezanosti ekosustava s kršim podzemnim vodama koriste se podaci o nazočnosti indikatorskih organizama kao što su Proteus, Niphargus, Troglocaris, Monolistra. Pouzdanost tih podataka o prisutnosti organizama je visoka. Ako je ekosustav značajno oštećen, analizira se da li je parametar odgovoran za oštećenje ekosustava ovisnog o podzemnim vodama (u daljnjem tekstu EOPV) prekoračio relevantni standard kakvoće vode vodenog okoliša *Uredba,* Prilog 5.B. (SKVO) izračunat na temelju srednje vrijednosti za parametar odgovoran za oštećenje ekosustava ovisnog o podzemnim vodama (EOPV). $TV_i = SKVOi_{ekosustava}$.

Ako nema istraživanja za indikatorske organizme, koriste se podaci o staništima ovisnim o stanju podzemnih voda koja su identificirali stručnjaci za zaštitu prirode. Kao i u slučaju povezanosti površinskih i podzemnih voda, kemijsko stanje podzemnih voda s obzirom na ekosustave testira se prema graničnim vrijednostima prioritetnih tvari - SKVO prema kojima se ocjenjuje kemijsko stanje površinskih voda, a koje su strože u odnosu na granične vrijednosti „kritičnih parametara“ u podzemnim vodama, kao i parametara za ekološko stanje površinskih voda koje se poklapaju sa „kritičnim“ parametrima za ocjenu kemijskog stanja podzemnih voda. Testiraju su vrijednosti parametara prioritetnih tvari u površinskim i podzemnim vodama za svaki ekosustav prema SKVO. Ako se prekoračenje nekog od parametara ne nalazi u području s kojeg onečišćenje može biti preneseno na EOPV, tada je i tijelo podzemne vode unutar koje se nalazi EOPV u dobrom stanju. Ako prekoračenje nekog od parametara SKVO uzrokuje značajno oštećenje ekosustava, tijelo podzemne vode s obzirom na ovaj test je u lošem stanju. U svakom podzemnom vodnom tijelu određene su najmanje tri reprezentativne točke unutar površine ekosustava ili najbliže ekosustavu. Pouzdanost procjena ovisi o količini raspoloživih podataka o kemizmu površinskih i podzemnih voda u ekosustavu

5. PRIPREMA KEMIJSKIH PARAMETARA I AGREGACIJA PODATAKA NA RAZINI TIJELA PODZEMNIH VODA ZA KLASIFIKACIJSKE TESTOVE I ANALIZA TRENDOVA

5.1. PANON

5.1.1. AGREGIRANJE REZULTATA PRI ISPITIVANJU KEMIJSKOG STANJA

Budući da se u vodnim tijelima nalazi više piezometara, ukoliko je zaključke potrebno donijeti na razini cijelog vodnog tijela, podaci s različitih piezometara trebali bi se agregirati poštujući načela za agregaciju:

1. Izabrati period za agregiranje (kvartalni ili godišnji). Ukoliko se izabere godišnji period treba u obzir uzeti samo one podatke koji pripadaju istoj sezoni (definirati sezone po ekspertnom znanju) kroz godine.
2. Izračunati *AM0/AM100* te koristiti piezometar za period isključivo ako je *AM0/AM100* veći ili jednak 0,6. Inače, postaviti vrijednost piezometra na NA, gdje NA predstavlja nedostupna mjerenja. Vrijednost *AM0* predstavlja aritmetičku sredinu gdje se vrijednost opisana s manje ili manje jednako zamijeni s vrijednosti nula (0), a *AM100* aritmetičku sredinu gdje se ista vrijednost zamijeni s odgovarajućim LOQ-om (primjerice za $\leq$ 10 sa 10).
3. Zamijeniti sve vrijednosti izražene pomoću LOQ-a s 50 % vrijednosti LOQ-a.
4. Unutar trenutno promatranog perioda, agregirati podatke po pojedinim piezometrima aritmetičkim usrednjavanjem (sredinom).
5. Agregirati podatke na razini cijelog vodnog tijela po periodu. U slučaju podjele vodnog tijela na podtijela, koristiti težinsko usrednjavanje, inače aritmetičko usrednjavanje te izračunati 95 % pouzdane intervale ukoliko je donesena odluka o korištenju istih (ekspertnim znanjem).

U slučaju da se neki piezometar morao odbaciti jer nije zadovoljavao neke od uvjeta iz prijašnjih koraka te da je broj preostalih iskoristivih piezometara pao ispod 3, treba postaviti vrijednost za vodno tijelo trenutnog perioda na NA.

Napomene:

Ocjena kemijskog stanja vrši se nad agregiranim podacima na razini aritmetičke sredine ili 95 % pouzdanog intervala (u ovisnosti o odluci eksperata u području) uzimajući u obzir sljedeće:

- Izborom aritmetičke sredine smanjuje se vjerojatnost uočavanja nezadovoljavajućeg (odnosno lošeg) kemijskog stanja, ali se također smanjuje i vjerojatnost pogrešnog zaključka. Odnosno, smanjuje se broj lažno pozitivnih rezultata.
- Izborom gornje granice 95 % pouzdanog intervala povećava se vjerojatnost uočavanja lošeg kemijskog stanja, ali se povećava i broj lažno pozitivnih rezultata.
- Koristeći gornju metodologiju zaključci se mogu donositi isključivo za kemijsko stanje unutar jednog perioda. Odnosno, nije dopušteno uspoređivati kemijska stanja u različitim periodima.
- Ukoliko se želi uspoređivati kemijska stanja u različitim periodima, treba se osigurati da je početna mreža stabilna
- 95 % pouzdani interval može se jednostavno izračunati uz pretpostavku o normalnosti distribucije unutar vodnog tijela.

5.1.2. AGREGIRANJE REZULTATA PRI ISPITIVANJU TRENDA ONEČIŠĆIVALA

Za ispitivanje trenda potrebno je agregirati podatke s različitih piezometara na razini cijelog vodnog tijela.

Predložena metodologija za agregaciju jest:

1. Izabrati period za agregiranje (kvartalni ili godišnji). Ukoliko se izabere godišnji period treba u obzir uzeti samo one podatke koji pripadaju istoj sezoni (definirati sezone po ekspertnom znanju) kroz godine.

2. Ručno probrati piezometre koristeći ekspertno znanje i hipotezu ispitivanja. Voditi se pravilima:

a. za procjenu trenda potrebno je imati barem 8 uzastopnih perioda (za kvartalni period), odnosno 4 uzastopnih perioda (za godišnji period).
b. kod kvartalnog perioda dopuštaju se najviše dva (2) uzastopna nedostupna mjerenja te ukupan broj NA u nizu ne smije prelaziti 25 %.
c. kod godišnjeg perioda dopušta se najviše jedan (1) uzastopan NA te ukupan broj NA ne smije prelaziti 25 % vrijednosti u nizu.
d. povećanjem broja piezometara koji sudjeluju u analizi dobiva se bolja procjena aritmetičke sredine i 95 % pouzdanog intervala, ali se smanjuje duljina preklapajućeg niza.

3. Zamijeniti sve vrijednosti izražene pomoću LOQ-a s 50 % vrijednosti LOQ-a.

4. Početna točka niza mjerenja pri ispitivanju je osnovna razina odnosno prosječna vrijednost koncentracije promatrane tvari u prvom kvartalu iz 2007. godine za koji postoji dovoljan broj podataka da se može odrediti prosječna kvartalna vrijednost (ukoliko se radi agregiranje na godišnjoj razini tada se određuje prosječna vrijednost promatrane tvari u 2007. godini)“.

5. Unutar perioda agregirati podatke po pojedinim piezometrima aritmetičkim usrednjavanjem (sredinom).

6. Agregirati podatke na razini cijelog vodnog tijela po periodu. U slučaju podjele vodnog tijela na podtijela koristiti težinsko usrednjavanje, inače aritmetičko usrednjavanje.

7. U slučaju da se neki piezometar morao odbaciti jer nije zadovoljavao neke od uvjeta iz prijašnjih koraka te da je broj preostalih iskoristivih piezometara pao ispod 3, treba postaviti vrijednost za vodno tijelo trenutnog perioda na NA.

Ukoliko će se povezivati rezultati trend analize i procjene kemijskog stanja, bitno je odabrati iste piezometre kao i periode kod obje agregacije.

Za ispitivanje trenda za vodno područje rijeke Dunav koristi se linearna regresija. Trend se smatra statistički značajnim ukoliko je nagib procijenjenog pravca statistički značajno različit od nule. Početna točka niza mjerenja pri ispitivanju trenda može se mijenjati, ali broj ispitivanja se treba ograničiti uzimajući u obzir utjecaj višestrukih testiranja. Odnosno, ne predlaže se provoditi testiranja trenda s više od 3 početne točke nad trenutnim podacima.

5.1.3. IZGLAĐIVANJE PODATAKA

Kako bi se anulirao utjecaj velikih i srednje velikih devijacija u podacima na trend, kao metodu za izglađivanje podataka učinkovito je koristiti LOESS neparametrijsku regresiju, koja kombinira jednostavnost i pragmatičnost linearne regresije s fleksibilnošću nelinearne regresije. LOESS metoda prilagođava jednostavne modele na lokalne podskupove podataka koje onda spaja u neprekidnu krivulju koja dobro opisuje deterministička varijaciju podataka. Za LOESS krivlju preporuča se izbor parametra izglađivanja iz intervala [0,3, 0,5].

Nakon izglađivanja podataka LOESS krivuljom trend se određuje linearnom regresijom (LINEST funkcijom) a za nivo značajnosti je 5 % za panonski dio područja Republike Hrvatske.

5.1.4. ODREĐIVANJE STATISTIČKI ZNAČAJNOG TRENDA

Nakon izglađivanja podataka LOESS krivuljom, postojanje trenda određuje se korištenjem linearne regresije na LOESS krivulju. Odluku o (ne)postojanju statistički značajnog trenda, na nivou značajnosti od 5 %, donosi se na temelju *p*-vrijednosti koeficijenta smjera regresijskog pravca i to:

a) Ako je $p < 0{,}05$, onda, uz razinu značajnosti od 5 %, zaključuje se da je prisutan statistički značajan trend (uzlazan - ako je koeficijent smjera regresijskog pravca pozitivan, silazan - ako je koeficijent smjera regesijskog pravca negativan)
b) Ako je $p \geq 0{,}05$, nema statistički značajnog trenda.

5.1.5. PREDVIĐANJE TRENDA

U cilju pragmatičnosti, predviđanje trenda moguće je napraviti temeljem procijenjenog trenda, odnosno regresijskog pravca. Pretpostavka ovog pristupa je da će se trend nastaviti u istom smjeru i istom brzinom kao i u dijelu vremenskog niza na kojem se gradio model tj. određivalo (ne)postojanje trenda. Osim predviđanja pomoću regresijskog pravca, preporuča se koristiti $(1-2\alpha)\cdot 100\,\%$ interval pouzdanosti oko regresijskog pravca za interpretaciju o potencijalno zabrinjavajućem padu/rastu procijenjene razine podzemnih voda, uz željenu razinu statističke značajnosti $\alpha \in (0{,}1)$.

LINEST (funkcija u excellu) koristi se za izradu i predviđanje trendova na izglađenim podacima.

5.1.6. METODOLOGIJA ODREĐIVANJA OKOLIŠNO ZNAČAJNOG TRENDA I POČETNE TOČKE ZA PROMJENU TRENDA

Okolišno značajan trend procjenjuje se ukoliko je dokazana statistička značajnost trenda. Postupak određivanja okolišno značajnoga trenda provodi se na sljedeći način:

- radi se ekstrapolacija vremenskoga niza mjerenih podataka za promatranu tvar (u budućnost) ukoliko postoji dovoljno dugi niz podataka: ekstrapolacija se provodi na način

da se vremenski niz mjerenih podataka može produljiti do 30 % od postojećega vremenskoga niza podataka, a maksimalno do šest godina u budućnost (što je vrijeme trajanja jednoga ciklusa plana upravljanja vodnim područjima.

- Postojanje okolišno značajnoga trenda procjenjuje se u odnosu na graničnu(e) vrijednost(i) tvari koja(e) se određuje(u) (i koristi) u postupku provedbe relevantnoga klasifikacijskog testa za procjenu rizika. Navedena(e) granična(e) vrijednost(i), koja(e) iznosi(e) 75 % granične vrijednosti promatrane(ih) tvari u postupku provedbe klasifikacijskog testa za ocjenu kemijskoga stanja, predstavlja(ju) početnu točku za promjenu trenda.

- Okolišno značajan trend postoji ukoliko gornji interval pouzdanosti procjene trenda (određen s 95 % pouzdanosti) prelazi (bilo koju) graničnu vrijednost određenu u postupku provedbe relevantnoga klasifikacijskog testa. Procjena okolišnoga značajnoga trenda provodi se na mjerenim i, po potrebi, na ekstrapoliranim podacima. Korištenje 95 % intervala pouzdanosti u određivanju okolišno značajnoga trenda bolja je opcija od korištenja linije trenda iz dva razloga: a) radi se o konzervativnom pristupu, a time se dobiva na sigurnosti i pravodobnoj reakciji u smislu primjene mjera, b) moguće je korištenje ekstrapoliranih vrijednosti mjerenih podataka s točno određenom pouzdanosti.

5.1.7. PROCJENA POUZDANOSTI TRENDA

Za slučaj određivanja trenda na razini tijela podzemne vode (u okviru postupka provedbe klasifikacijskog Testa „Ocjena opće kakvoće“ i/ili postupka procjene rizika);

- Visoka pouzdanost procjene trenda: ukoliko postoji minimalno pet mjernih postaja u tijelu (grupiranom tijelu) podzemne vode koje imaju vremenske nizove podataka dulje od 6 godina;
- Srednja pouzdanost procjene trenda: ukoliko postoji manje od pet mjernih postaja (minimalno tri) u tijelu podzemne vode koje imaju vremenske nizove podataka dulje od 6 godina;
- Niska pouzdanost procjene trenda: ukoliko postoji tri ili više mjernih postaja u tijelu podzemne vode koje imaju vremenske nizove podataka kraće od 6 godina;
- Trend se ne određuje ukoliko postoji manje od tri mjerne postaje u tijelu (grupiranom tijelu) podzemne vode, bez obzira na duljinu vremenskih nizova podataka.
- Za slučaj određivanja trenda na lokaciji mjerne postaje (u okviru postupka provedbe klasifikacijskih testova: „Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora i „Zaštićena područja za pitke vode“;
- Visoka pouzdanost procjene trenda: ukoliko mjerna postaja ima vremenske nizove podataka dulje od 6 godina;
- Srednja pouzdanost procjene trenda: ukoliko mjerna postaja ima vremenske nizove podataka dulje od 3 godine, a kraće od 6 godina;
- Niska pouzdanost procjene trenda: ukoliko mjerna postaja ima vremenske nizove podataka dulje od 2 godine, a kraće od tri godine;
- Trend se ne određuje ukoliko mjerna postaja ima vremenske nizove podataka kraće od 2 godine.
- Polazna točka za provedbu mjera za promjenu značajnih i trajno rastućih trendova nastupa kada gornji interval pouzdanosti procjene trenda promatrane tvari dosegne graničnu(e) vrijednost(i) tvari koja(e) se određuje(u) (i koristi) u postupku provedbe relevantnoga klasifikacijskog testa za procjenu rizika.

5.2. KRŠ

5.2.1. PRIPREMA KEMIJSKIH PARAMETARA I AGREGACIJA PODATAKA NA RAZINI TIJELA PODZEMNIH VODA ZA KLASIFIKACIJSKE TESTOVE

Zbog izjednačavanja analiza i dobivanja kvalitetnijih podataka za potrebe procjene kemijskog stanja i analiza trendova, vrijednost najvećeg LOQ za pojedini parametar za svaku pojedinu točku monitoringa zamjenjuje se sa LOQ/2. Također, sve analize koje su niže od dobivene vrijednosti LOQ/2 zamjenjuju se tom vrijednosti. To se provodi iz razloga da se ne dobiju nerealni trendovi po parametrima, prema naputcima iz tehničkih vodiča.

Jedina iznimka tome su ukupni pesticidi gdje se samo kvantificirane koncentracije uvode u analize jer su uglavnom pesticidi mjereni pojedinačno i svaki od analiziranih pesticida ima svoj LOQ te bi kod zbrajanja pojedinačnih pesticida korištenje LOQ/2 stvaralo privid višestruko većih koncentracija ukupnih pesticida u podzemnim vodama od onih stvarnih.

Za procjenu trendova za krško područje Republike Hrvatske korišten je uvjet od minimalno 5 godina mjerenja uz uvjet korištenja polugodišnje agregacije podataka.

Za potrebe krških vodonosnika provodi se polugodišnja agregacija podataka .

Agregacija podataka monitoringa za potrebe ocjene kemijskog stanja i analize trendova za krško područje Republike Hrvatske provodi se pomoću metode srednjih vrijednosti parametara po točkama monitoringa u polugodišnjim razdobljima. Dodatno se agregacija provodi osrednjavanjem na razini tijela podzemnih voda po parametrima. Za potrebe ocjene kemijskog stanja osim ove metode izračunava se po točkama monitoringa maksimalna vrijednosti pojedinih parametara.

U slučaju da je više od 80 % analiza izmjereno u koncentracijama manjim od granica detekcije (< LOQ) ne provode se analize trendova za te parametre.

5.2.2. ANALIZA TRENDOVA

Proračun trendova se mora provesti na razini tijela podzemnih voda.

Analiza trendova obuhvaća sljedeće komponente:

1. grafički prikaz vremenskih serija za indikaciju generalnog trenda i anomalija
2. analiza trenda i određivanje statistički uzlaznog trenda
3. usporedba sa graničnim i referentnim vrijednostima parametara

Za krško područje Republike Hrvatske agregacija podataka za analizu trenda se na razini tijela podzemne vode postiže određivanjem reprezentativnih točaka monitoringa prema konceptualnom modelu i izračunom prosječnih vrijednosti obrađivanih parametara kakvoće na tim točkama u polugodišnjim razdobljima. Nakon ove razine, sa razine pojedinačnih točaka monitoringa osrednjavanje se radi i na polugodišnjim intervalima na razini tijela podzemne vode.

Na dobivenim osrednjenim vrijednostima polugodišnjih razdoblja na razini tijela podzemnih voda, ali i pojedinačnih točaka monitoringa provodi se statistička analiza pomoću metode linearne regresije, a neparametarski Mann - Kendall test se koristi za ispitivanje monotonosti i odredbi statistički značajnih rastućih ili padajućih trendova. Minimalni uvjet za korištenje Mann - Kendall testa je 10 vrijednosti u vremenskoj seriji što je postignuto korištenjem polugodišnjih prosjeka u minimalnom razdoblju od 5 godina.

U slučaju da je u nizu podataka za određeni parametar tijekom obrađivanog razdoblja došlo do iznenadne promjene u nagibu krivulje trenda zbog provedbi mjera za smanjenje onečišćenja provodi se dvo-sekcijski model. U tom slučaju za analizu trendova koristi se drugo razdoblje, a početna godina je točka početka druge sekcije trenda. Određivanje točke preokreta trenda u dvo - sekcijskom modelu provodi se analizom subsekventnih razlika.

6. KLASIFIKACIJSKI TESTOVI ZA OCJENU KEMIJSKOG STANJA

6.1. TEST „ZASLANJENJE ILI DRUGE PRIRODNE INTRUZIJE“

6.1.1. PANON

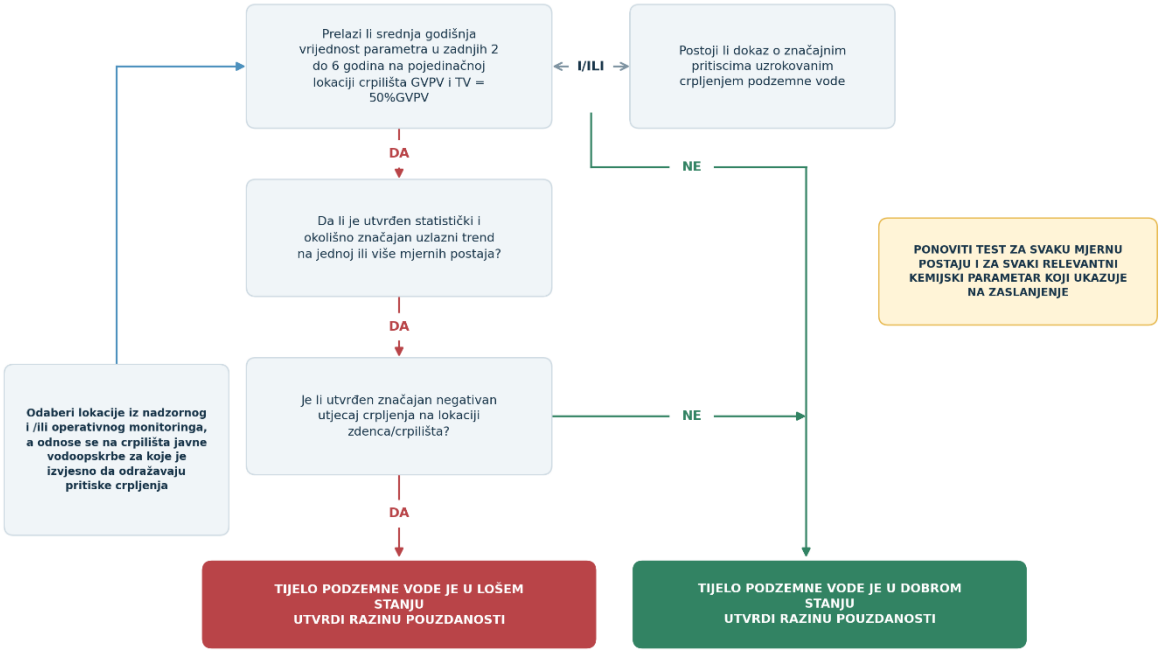
1. Tijelo podzemne vode za ovaj test je u lošem kemijskom stanju ukoliko srednja vrijednost električne vodljivosti i/ili drugih relevantnih parametara, koji mogu biti pokazatelj prodora slane vode ili drugih (prirodnih) prodora, prelazi graničnu vrijednost te ukoliko je za barem jedan od parametara utvrđen statistički značajni uzlazni trend koncentracija na ključnim mjernim postajama (trend se određuje na pojedinačnim mjernim postajama u utjecajnom području crpilišta koji zbog crpljenja uzrokuje prodor slane vode ili drugi prodor).

2. Ukoliko niti na jednoj lokaciji mjerne postaje nije utvrđen statistički značajan uzlazni trend, potrebno je utvrditi postoji li zabilježen utjecaj prodora na lokaciji crpilišta (koji je uzročnik prodora zbog crpljenja). Značajan utjecaj može biti postojanje uređaja za obradu pitke vode bez kojega se voda sa crpilišta ne može koristiti za piće. Ukoliko postoji uređaj za obradu vode na crpilištu te ukoliko mjerene vrijednosti parametara na mjernim postajama u utjecajnom području crpilišta prelaze granične vrijednosti, tada je tijelo podzemne vode u lošem stanju za taj test.

3. Test se provodi za svaki od parametara koji mogu biti pokazatelj prodora slane vode ili drugih (prirodnih) prodora, a minimalno barem za električnu vodljivost.

4. Postupak za provedbu testa grafički je prikazan na Slici 4.

5. Konačni rezultat ocjene kemijskoga stanja za ovaj test izražava se s određenom razinom pouzdanosti. Kriteriji za određivanje (niske ili visoke) razine pouzdanosti za provedbu testa Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora prikazani su u Tablici 1.



Slika 4. Postupak provedbe testa „Zaslanjenje ili druge prirodne intruzije“ za panon

Tablica 1. Određivanje razine pouzdanosti ocjene stanja tijela podzemne vode kroz provedbu testa „Zaslanjenje ili druge prirodne intruzije“ za panon

Stanje	Pouzdanost	Kriteriji
Dobro	Visoka	Nisu zabilježeni pritisci od crpljenja podzemne vode koji bi mogli uzrokovati prodor slane vode ili druge prirodne prodore ILI U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode nije u riziku s obzirom na prodor slane vode ili druge prodore i rezultati motrenja i drugi relevantni podaci ne ukazuju na postojanje značajnog uzlaznoga trenda i prekoračenje granične vrijednosti barem jednoga relevantnog parametra (u slučajevima kada srednje vrijednosti koncentracija relevantnog parametra s mjerne postaje, koja se nalazi u utjecajnom području izvorišta koje uzrokuje prodor slane vode ili druge prirodne prodore, prelaze u manje od 50 % svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) graničnu vrijednost, pod uvjetom da srednje vrijednosti u više od 50 % kvartalnih perioda u zadnje tri godine ne prelaze graničnu vrijednost)
	Niska	U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode jest u riziku s obzirom na prodor slane vode ili druge prirodne prodore I Ne postoji zadovoljavajući program monitoringa podzemnih voda koji bi potvrdio rezultate procjene rizika, a svi ostali dostupni dokazi (podaci i informacije) ne potvrđuju postojanje značajnih uzlaznih trendova i negativne utjecaje na izvorište ILI Postoji zadovoljavajući program monitoringa podzemnih voda koji ne potvrđuje postojanje značajnog uzlaznog trenda i prekoračenje granične vrijednosti barem jednoga relevantnog parametra (u slučajevima kada srednje vrijednosti koncentracija relevantnog parametra s mjerne postaje, koja se nalazi u utjecajnom području izvorišta/zdenca koje uzrokuje prodor slane vode ili druge prirodne prodore, prelaze u manje od 50 % svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) graničnu vrijednost, pod uvjetom da srednje vrijednosti u više od 50 % kvartalnih perioda u zadnje tri godine prelaze graničnu vrijednost)
Loše	Niska	U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode jest u riziku s obzirom na prodor slane vode ili druge prirodne prodore I Na barem jednoj lokaciji mjerne postaje mjerene vrijednosti koncentracija barem jednoga relevantnog parametra prelaze njegovu graničnu vrijednost I Daljnja istraživanja potvrđuju da crpljenje podzemne vode vjerojatno uzrokuje prekoračenje granične vrijednosti i uzlazni trend razmatranoga parametra na barem jednoj mjernoj postaji, međutim, za to postoje tek ograničeni dokazi ILI Na barem tri lokacije mjerne postaje (u utjecajnom području zdenca/izvorišta) srednje vrijednosti koncentracija barem jednoga relevantnog parametra potvrđuju postojanje značajnog uzlaznog trenda te prelaze graničnu vrijednost toga parametra (u slučajevima kada srednje vrijednosti koncentracija relevantnog parametra s mjerne postaje, koja se nalazi u utjecajnom području izvorišta koje uzrokuje prodor slane vode ili druge prirodne prodore, prelaze u više od 50 % svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) graničnu vrijednost, pod uvjetom da srednje vrijednosti u više od 50 % kvartalnih perioda u zadnje tri godine ne prelaze graničnu vrijednost)
	Visoka	U postupku procjene rizika utvrđeno je da cjelina podzemne vode jest u riziku s obzirom na prodor slane vode ili druge prodore I Na barem jednoj lokaciji mjerne postaje mjerene vrijednosti koncentracija barem jednoga relevantnog parametra prelaze njegovu graničnu vrijednost I Svi dokazi, uključujući podatke iz programa monitoringa, potvrđuju značajni utjecaj prodora slane vode ili drugih prodora ili značajne negativne utjecaje na izvorište, zbog prodora slane vode ili drugih prirodnih prodora ILI Na barem tri lokacije mjerne postaje (u utjecajnom području izvorišta/zdenca) srednje vrijednosti koncentracija barem jednoga relevantnog parametra potvrđuju postojanje značajnog uzlaznog trenda te prelaze graničnu vrijednost toga parametra (u slučajevima kada srednje vrijednosti koncentracija relevantnog parametra s mjerne postaje, koja se nalazi u utjecajnom području izvorišta koje uzrokuje prodor slane vode ili druge prirodne prodore, prelaze u više od 50 % svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) graničnu vrijednost, pod uvjetom da srednje vrijednosti u više od 50 % kvartalnih perioda u zadnje tri godine prelaze graničnu vrijednost)

6.1.2. KRŠ

Test se provodi u više koraka:

1. Temeljem izrađenog konceptualnog modela tijela podzemne vode procjenjuje se mogućnost zaslanjenja ovisno o otvorenosti geoloških struktura prema utjecaju mora, odnosno geološkim odnosima u slivu koji mogu utjecati na neke druge intruzije. Ukoliko takvih mogućnosti nema tijelo podzemnih voda je U DOBROM STANJU.

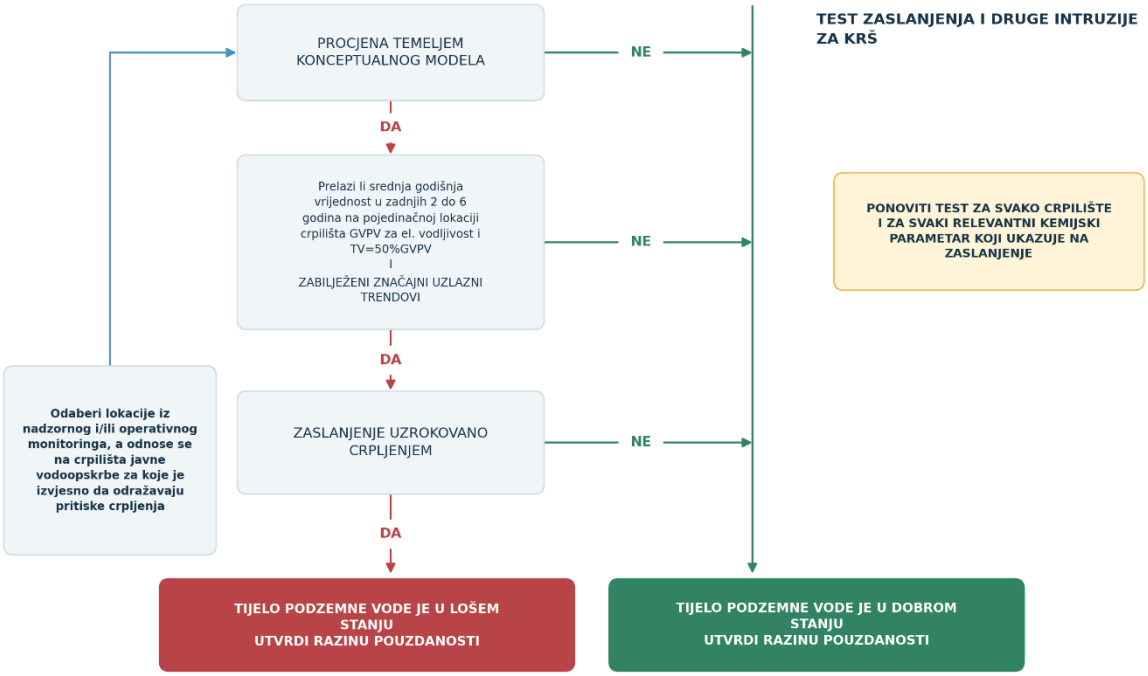
2. Ako mogućnost zaslanjenja postoji, analizira se vrijednost električne vodljivosti. Granična vrijednost (TV) je za test zaslanjenja je postavljena na 50 % vrijednosti GVPV (Uredba) kako bi potencijalna intruzija zaslanjene vode mogla biti identificirana znatno ranije nego što postane problem za ljudsku potrošnju. Ukoliko nema povišenih prosječnih koncentracija i nema zabilježenih statistički značajnih uzlaznih trendova, tijelo podzemnih voda se ocjenjuje u DOBROM STANJU.

3. Ako je električna vodljivost na razini tijelo podzemnih voda za razmatrano razdoblje veća od graničnih vrijednosti, ili su zabilježeni statistički značajni uzlazni trendovi, tada se analizira da li je to uzrokovano crpljenjem podzemne vode. Ako se utvrdi da crpljenje ne utječe na povećanje električne vodljivosti, tijelo podzemnih voda je u DOBROM STANJU. U suprotnom, tijelo podzemnih voda je u LOŠEM STANJU.

4. Zadnji korak testa je analiza da li je zaslanjenje uzrokovano antropogenim utjecajem ili je prirodno. Pod antropogenim utjecajem misli se na prekomjerno crpljenje koje u uvjetima vrlo labilne ravnoteže slatke i slane vode u podzemlju može narušiti tu ravnotežu i uzrokovati pojavu zaslanjenja priobalnog vodonosnika. Ti se događaji obično dešavaju tijekom ljetnih sušnih razdoblja kada je uz dugotrajno sušno razdoblje i smanjene dotoke podzemne vode iz zaleđa dodatni element koji utječe na zaslanjenje i povećanje potreba za crpnim količinama zbog dolaska turista u priobalna područja.

Analizom crpljenja i mjerenjem električne vodljivosti na crpnom objektu dobiva se određena potvrda da li je zaslanjenje uzrokovano antropogenim utjecajem

U slučaju otočnih vodonosnika provodi se samo analiza trendova jer na manjim otocima i u potpuno prirodnim uvjetima, zbog ograničenog prostiranja vodonosnika i otvorenosti geoloških struktura, imamo vrlo plitke slatkovodne vodonosnike, a ponegdje su vodonosnici čak i u potpuno prirodnom stanju blago bočati ili bočati. Također, na nekim otocima su zabilježene povišene vrijednosti električne vodljivosti i klorida zbog utjecaja posolice i njene infiltracije u vodonosnik. Zbog toga se u sklopu ovog testa provode samo analize trendova koje pokazuju da li se antropogenim utjecajem (crpljenjem) bitno degradira stanje u vodonosniku.



Slika 5. Postupak provedbe testa „Zaslanjenje ili druge prirodne intruzije“ za krš

Pouzdanost analize se procjenjuje na način da ukoliko u pojedinom tijelu podzemnih voda postoji 3 ili manje točaka opažanja i ograničeni broj dodatnih podataka pouzdanost se procjenjuje kao niska, a ukoliko postoji veliki broj podataka i dodatnih analiza koje potkrjepljuju stanje kakvoće u pojedinom tijela podzemnih voda pouzdanost se procjenjuje kao visoka.

6.2. TEST “ZAŠTITNE ZONE IZVORIŠTA VODE ZA LJUDSKU POTROŠNJU“

6.2.1. PANON

1. Ocjena kemijskoga stanja tijela podzemne vode za ovaj test provodi se na način da se utvrđuje je li nastupilo pogoršanje kakvoće sirove vode na zdencima crpilišta za javnu vodoopskrbu, zbog antropogenog utjecaja, koje bi moglo dovesti do potrebe uvođenja novih i/ili složenijih postupaka obrade vode za piće. Ocjenu kemijskoga stanja nije potrebno provoditi na svim zdencima crpilišta, već samo na reprezentativnim zdencima, temeljem konceptualnog modela tijela podzemne vode.

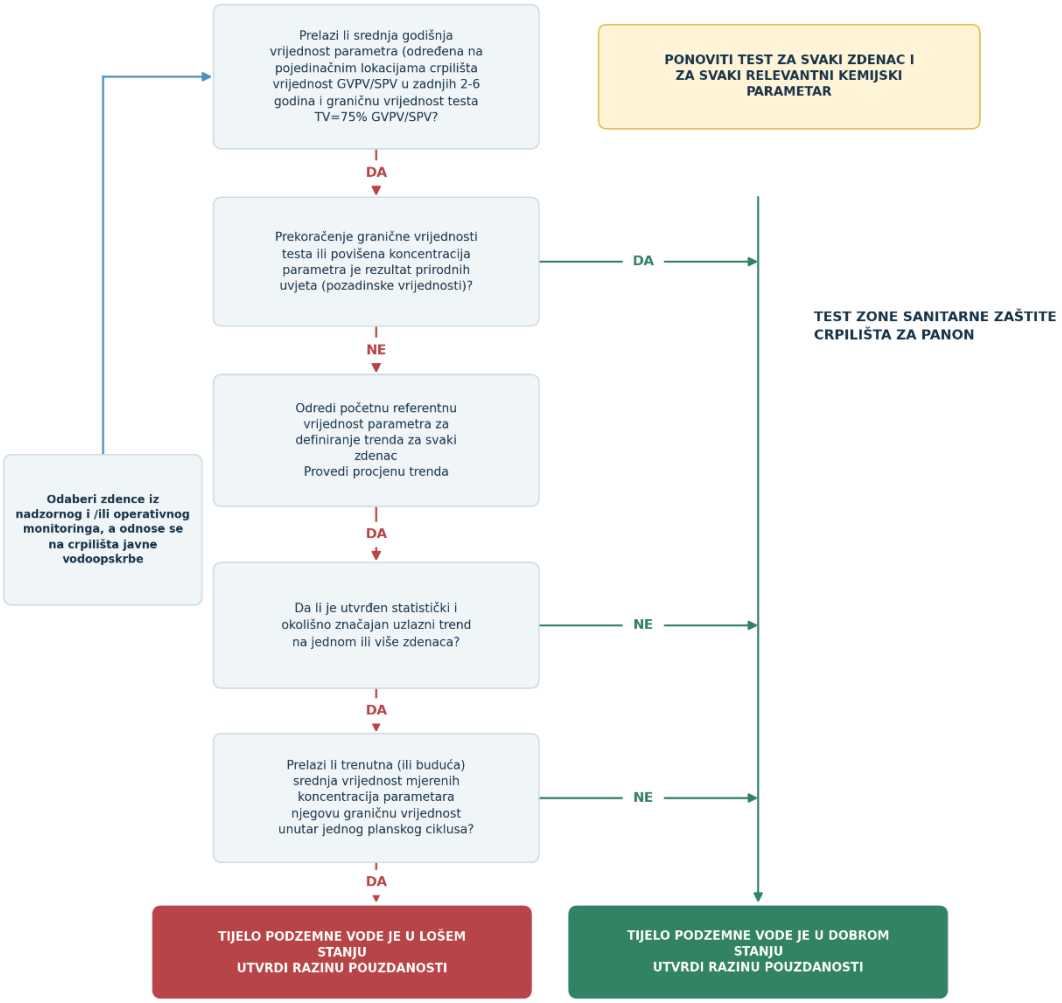
2. Tijelo podzemne vode za ovaj test je u lošem kemijskom stanju ukoliko srednja vrijednost koncentracije relevantnoga parametra, koji doprinosi riziku, u sirovoj vodi na lokacijama crpilišta prelazi graničnu vrijednost te ukoliko je za isti parametar utvrđen statistički značajni uzlazni trend koncentracija (trend se određuje na pojedinačnim zdencima na crpilištu za javnu vodoopskrbu). Pritom, parametri za ocjenu ovoga testa su svi relevantni kemijski i fizikalno-kemijski parametri.

3. Statistički značajan uzlazni trend određuje se u odnosu na početnu referentnu vrijednost, koju je potrebno definirati za svaki relevantni parametar prije provedbe analize trenda. Početna referentna vrijednost određuje se temeljem rezultata monitoringa sirove vode i u pravilu se određuje kao prva mjerena vrijednost za koju se može dokazati visoka analitička pouzdanost U pravilu za referentnu vrijednost uzima se osnovna razina odnosno 2007 godina.

4. Statistički značajan uzlazni trend određuje se temeljem mjerenih podataka i predviđanja budućih vrijednosti (ekstrapolacijom trenda dobivenog linearnom regresijom).

5. Postupak za provedbu testa grafički je prikazan na Slici 6., a sastoji se iz dva koraka**.** U prvom koraku utvrđuje se prelazi li srednja vrijednost relevantnoga parametra graničnu vrijednost mjerenih koncetracija (GVPV) i standarda kakvoće podzemnih voda (SPV), nakon toga graničnu vrijednost testa TV = 75 % GVPV / SPV ili je TV rezultat pozadinske vrijednosti (gdje za pojedina podzemna vodna tijela zbog geološkog podrijetla premašuje 75 % GVPV) prema Uredbi, Prilogu 6., Tablicama 2. i 3. Ukoliko srednja vrijednost relevantnoga parametra ne prelazi GVPV i TV, tijelo je u dobrom stanju za taj test. Ukoliko prelazi, tada se provodi drugi korak, koja obuhvaća analizu trendova i usporedbu mjerenih vrijednosti s graničnim vrijednostima .

6. Konačni rezultat ocjene kemijskoga stanja za ovaj test izražava se s određenom razinom pouzdanosti. Kriteriji za određivanje (niske ili visoke) razine pouzdanosti za provedbu *DWPA testa* prikazani su u Tablici 2.



Slika 5. Postupak provedbe testa “Zaštitne zone izvorišta vode za ljudsku potrošnju“ za panon

Tablica 2. Određivanje razine pouzdanosti ocjene stanja tijela podzemne vode kroz provedbu testa „Zaštitne zone izvorišta vode za ljudsku potrošnju“ za panon

Stanje	Pouzdanost	Kriteriji
Dobro	Visoka	Nije prekoračen standard kakvoće i/ili granična vrijednost niti jednoga „kritičnoga“ parametra niti na jednoj lokaciji izvorišta/zdenca koji se koristi za javnu vodoopskrbu (u slučajevima kada srednje vrijednosti koncentracija „kritičnoga“ parametra s izvorišta/zdenca prelaze u manje od 50 % svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost, pod uvjetom da srednje vrijednosti u više od 50 % kvartalnih perioda u zadnje tri godine ne prelaze standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost) I Nije utvrđen statistički značajni uzlazni trend razmatranog parametra niti na jednoj lokaciji zdenca/izvorišta koji se koristi za javnu vodoopskrbu
	Niska	U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode jest u riziku s obzirom na cilj(eve) Testa zaštitne zone izvorišta vode za ljudsku potrošnju I Rezultati motrenja ukazuju da je standard kakvoće i/ili granična vrijednost nekog „kritičnoga“ parametra prekoračena na barem jednoj lokaciji izvorišta/zdenca koji se koristi za javnu vodoopskrbu (u slučajevima kada srednje vrijednosti koncentracija „kritičnoga“ parametra s lokacije izvorišta/zdenca prelaze u više od 50 % svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost, pod uvjetom da srednje vrijednosti u više od 50 % kvartalnih perioda u zadnje tri godine ne prelaze standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost), međutim ne postoji zadovoljavajući program monitoringa podzemnih voda koji bi potvrdio prisutnost statistički značajnoga uzlaznog trenda razmatranog parametra ILI Rezultati motrenja ukazuju da je standard kakvoće i/ili granična vrijednost nekog „kritičnoga“ parametra prekoračena na jednoj ili više lokacija izvorišta/zdenaca koji se koriste za javnu vodoopskrbu (u slučajevima kada srednje vrijednosti koncentracija „kritičnoga“ parametra s lokacije izvorišta/zdenca prelaze u više od 50 % svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost, pod uvjetom da srednje vrijednosti u više od 50 % kvartalnih perioda u zadnje tri godine ne prelaze standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost), međutim nije utvrđen statistički značajni uzlazni trend razmatranog parametra niti na jednoj lokaciji izvorišta/zdenca koji se koristi za javnu vodoopskrbu
Loše	Niska	U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode jest u riziku s obzirom na cilj(eve) Testa zaštitne zone izvorišta vode za ljudsku potrošnju I Na barem jednoj lokaciji izvorišta/zdenca koji se koristi za javnu vodoopskrbu mjerene vrijednosti koncentracija barem jednoga relevantnoga parametra prelaze standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost (u slučajevima kada srednje vrijednosti koncentracija „kritičnoga“ parametra s lokacije izvorišta/zdenca prelaze u više od 50 % svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost, pod uvjetom da srednje vrijednosti u više od 50 % kvartalnih perioda u zadnje tri godine ne prelaze standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost), a tijekom procjene trendova utvrđen je statistički značajni uzlazni trend razmatranog parametra, međutim, postoji određeno odstupanje između rezultata procjene trendova te analize pritisaka i/ili podataka o obradi vode na promatranom crpilištu
	Visoka	U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode jest u riziku s obzirom na cilj(eve) za Testa zaštitne zone izvorišta vode za ljudsku potrošnju Na barem jednoj lokaciji izvorišta/zdenca koji se koristi za javnu vodoopskrbu mjerene vrijednosti koncentracija barem jednoga „kritičnoga“ parametra prelaze standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost (u slučajevima kada srednje vrijednosti koncentracija „kritičnoga“ parametra s lokacije izvorišta/zdenca prelaze u više od 50 % svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost, pod uvjetom da srednje vrijednosti u više od 50 % kvartalnih perioda u zadnje tri godine prelaze standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost), a tijekom procjene trendova utvrđen je statistički značajni uzlazni trend razmatranog parametra I Postoji nedvojbeno utvrđeni dokaz o pogoršanju kakvoće sirove vode na barem jednom crpilištu za javnu vodoopskrbu, zbog antropogenog utjecaja, koje bi moglo dovesti do potrebe uvođenja novih i/ili složenijih (u odnosu na postojeće) postupaka obrade vode za piće

6.2.2. KRŠ

Na krškom području unutar svih tijela podzemne vode nalaze se područja obuhvaćena zonama sanitarne zaštite izvorišta vode za piće. Test se provodi po sljedećim koracima:

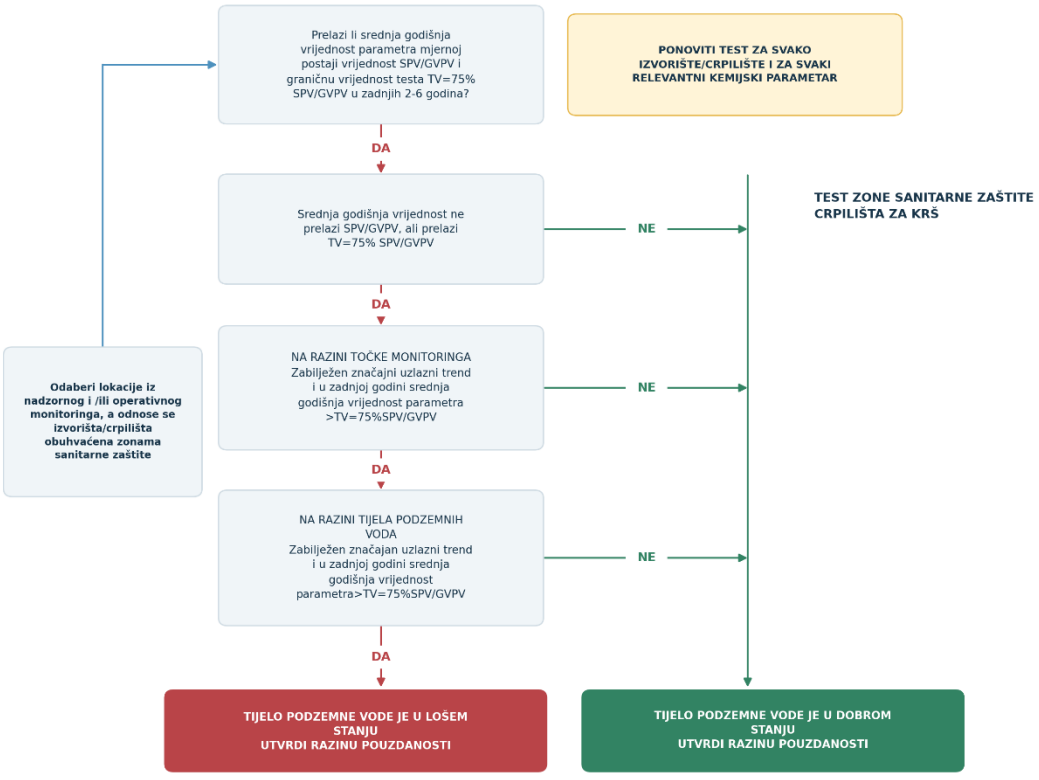
1. Izračunaju se srednje vrijednosti parametara kakvoće na godišnjoj razini po točkama monitoringa.

2. Ako niti jedna srednja godišnja vrijednost kroz obrađivano razdoblje ne prelazi TV = 75 % SPV / GVPV vrijednosti, tijelo se nalazi *U DOBROM STANJU* s visokom pouzdanošću.

3. Ako niti jedna točka u srednjim godišnjim vrijednostima ne prelazi SPV / GVPV, a dio njih prelazi TV = 75 % SPV / GVPV onda je tijelo *U DOBROM STANJU*, ali s niskom pouzdanošću.

4. Provodi se analiza trendova na razini točke monitoringa. Ako je na točki monitoringa zabilježen značajan uzlazni trend i u zadnjoj godini vrijednost parametra prelazi TV = 75 % SPV / GVPV prelazi se u sljedeći korak. U slučaju da nema zabilježenog uzlaznog trenda i u zadnjoj godini vrijednost kritičnog parametra kakvoće ne prelazi TV = 75 % SPV / GVPV onda je tijelo podzemnih voda U DOBROM STANJU s niskom pouzdanošću.

5. Provodi se analiza trendova na je na razini tijela podzemnih voda zabilježen značajan uzlazni trend za kritični parametar kakvoće i u zadnjoj godini prelazi TV = 75 % SPV / GVPV onda je tijelo podzemnih voda *U LOŠEM STANJU.*



Slika 6. Postupak provedbe testa „Zaštitne zone izvorišta vode za ljudsku potrošnju“ za krš

Pouzdanost se određuje na temelju broja točaka monitoringa unutar tijela podzemnih voda. Ukoliko u pojedinom tijelu podzemnih voda postoji 3 ili manje točaka opažanja i ograničeni broj dodatnih podataka pouzdanost se procjenjuje kao niska, a ukoliko postoji veliki broj podataka i dodatnih analiza koje potkrjepljuju stanje kakvoće u pojedinom tijelu podzemnih voda pouzdanost se procjenjuje kao visoka.

6.3. TEST „OCJENA OPĆE KAKVOĆE“

6.3.1. PANON

1) Ocjena kemijskoga stanja tijela podzemne vode za ovaj test provodi se na način da se određuje koliki je dio površine tijela podzemne vode, gdje srednja vrijednost „kritičnoga“ parametra, koji doprinosi riziku, prelazi graničnu vrijednost. Cilj testa jest procjena je li površinska rasprostranjenost onečišćenja u tijelu podzemne vode takva da može ugroziti korištenje vode za sadašnju ili buduću ljudsku uporabu. Cilj testa nije procjena utjecaja lokalnih onečišćenja na podzemne vode, osim u slučajevima kada lokalna onečišćenja mogu značajno doprinijeti da je tijelo podzemne vode u lošem kemijskom stanju.

2) Tijelo podzemne vode za test „Ocjena opće kakvoće“ je u lošem kemijskom stanju ukoliko srednja vrijednost koncentracije „kritičnoga“ parametra na pojedinačnoj mjernoj postaji prelazi standard/graničnu vrijednost te ukoliko srednja vrijednost „kritičnoga“ parametra dobivena agregiranjem podataka s mjernih postaja, koje su (kumulativno) reprezentativne za minimalno 30 % površine tijela podzemne vode, prelazi standard/graničnu vrijednost toga parametra.

3) Ocjena kemijskoga stanja tijela) podzemne vode za ovaj test provodi se isključivo za ona tijela (u kojima minimalno 30 % površine tijela podzemne vode zauzimaju osnovni i/ili sekundarni vodonosnici, iz kojih se ostvaruje ili će se ostvarivati značajno korištenje podzemne vode i koji imaju značajnu ulogu za održanje ekosustava. Ocjena kemijskoga stanja se ne provodi ukoliko više od 70 % površine tijela podzemne vode zauzimaju neproduktivni vodonosnici, koji ne daju količine veće od 10 m^3/dan.

4) Postupak za provedbu testa grafički je prikazan na Slici 8. a sastoji se iz tri koraka**.**

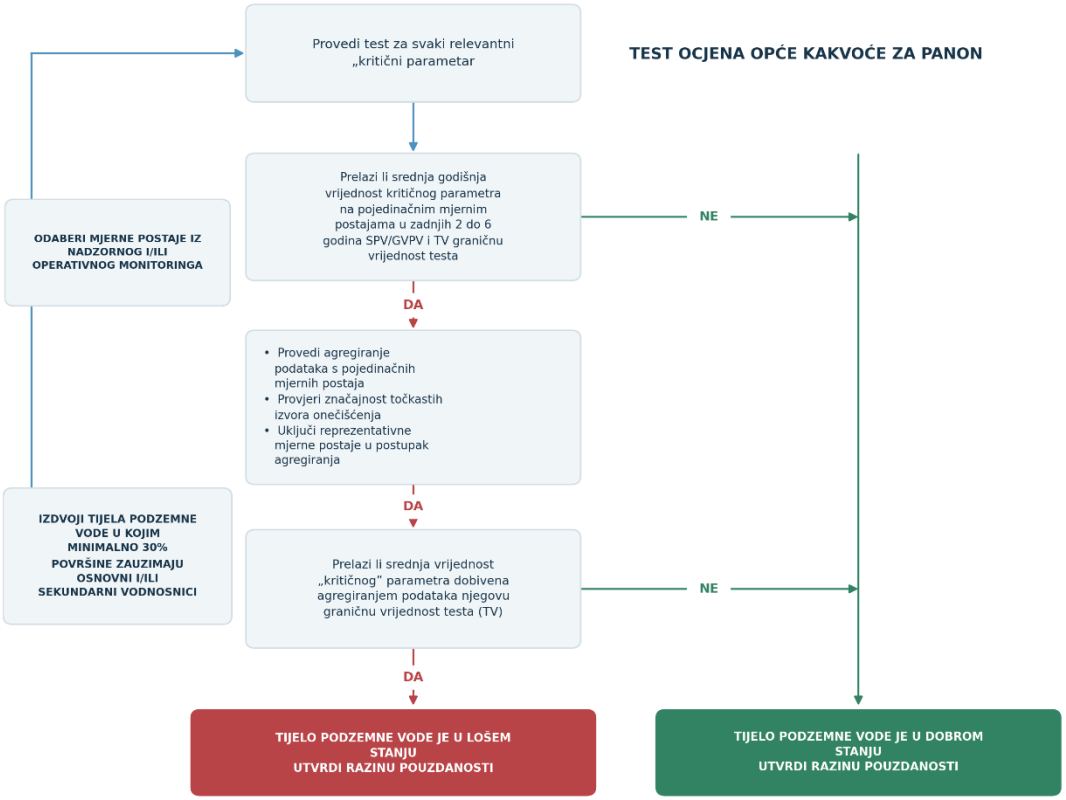
a) U prvom koraku utvrđuju se vrijednosti „ kritičnih parametara“ koje smo već dobili u prethodnom postupku na temelju njihove srednje godišnje vrijednosti dali prelaze vrijednost SPV i GVPV.
b) U drugom koraku utvrđuje se prelazi li srednja vrijednost „kritičnoga“ parametra na bilo kojoj pojedinačnoj mjernoj postaji TV_i u zadnjih 2 do 6 godina. Ukoliko ne prelazi, tijelo jest u dobrom kemijskom stanju za ovaj test. Ukoliko prelazi, provodi se treći korak.
c) U trećem koraku utvrđuje se prelazi li srednja vrijednost „kritičnoga“ parametra dobivena agregiranjem podataka s mjernih postaja, koja je (kumulativno) reprezentativna za minimalno 30 % površine tijela podzemne vode, standard/graničnu vrijednost tog parametra. Ukoliko ne prelazi, tijelo jest u dobrom kemijskom stanju za ovaj test.

5) Agregiranje podataka provodi se isključivo s onih mjernih postaja koje se nalaze u:

a) osnovnim ili sekundarnim vodonosnicima i
b) u područjima s određenim kategorijama prirodne ranjivosti i osjetljivosti tla na propuštanje onečišćivača:
    (i) kategorije prirodne ranjivosti podzemne vode: umjerena ili povišena ili visoka
    (ii) (ii)kategorije osjetljivosti tla na propuštanje onečišćivača: umjerena do jaka ili jaka do umjerena ili jaka
c) u područjima s utvrđenim pritiscima iz plošnih izvora onečišćenja.

6) Ukoliko konceptualni model pokazuje da se određena mjerna postaja nalazi u utjecajnom području značajnoga točkastoga izvora onečišćenja, tada se podaci s te mjerne postaje mogu uključiti u postupak agregiranja podataka iz točke 5 ove metodologije. Je li ili nije točkasti izvor onečišćenja značajan, utvrđuje se iz rezultata numeričkoga modeliranja ili analize trendova „kritičnih“ parametara na pojedinačnim mjernim postajama u utjecajnom području promatranoga točkastoga izvora onečišćenja.

7) Konačni rezultat ocjene kemijskoga stanja za ovaj test izražava se s određenom razinom pouzdanosti. Kriteriji za određivanje (niske ili visoke) razine pouzdanosti za provedbu testa „Ocjena opće kakvoće“ prikazani su u Tablici 3.



Slika 7. Postupak provedbe testa „Ocjena opće kakvoće“ za panon

Tablica 3. Kriteriji za određivanje razine pouzdanosti ocjene stanja tijela podzemne vode kroz provedbu testa „Ocjena opće kakvoće“ za panon

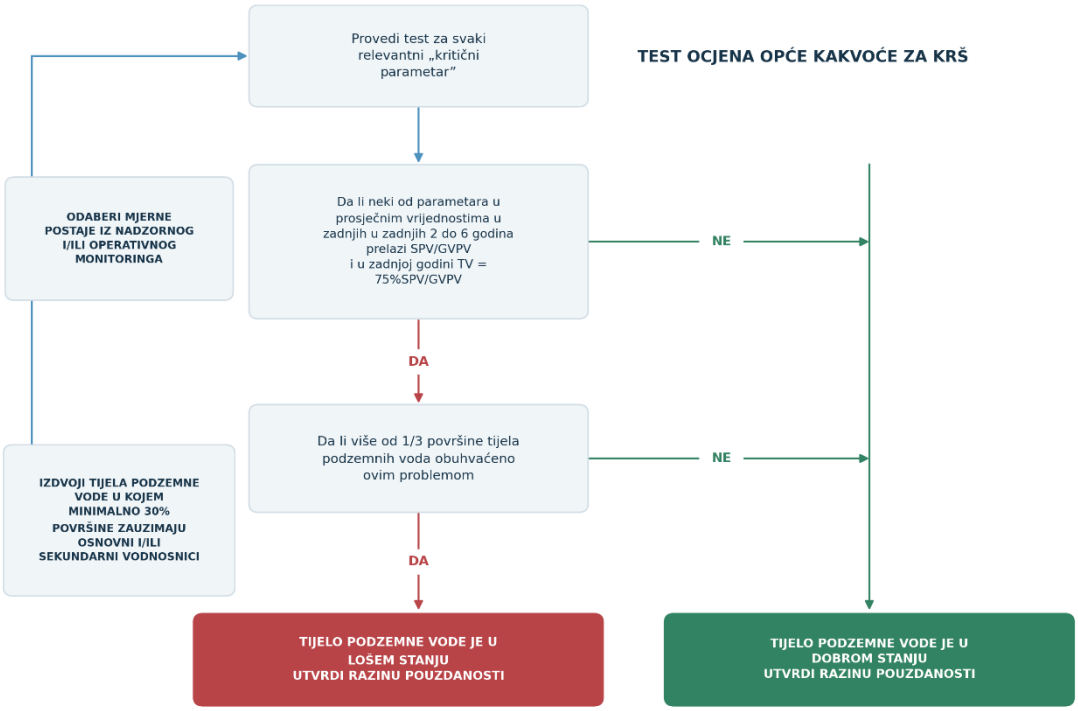
Stanje	Pouzdanost	Kriteriji
Dobro	Visoka	U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode nije u riziku za ovaj test I Standardi kakvoće i/ili granične vrijednosti relevantnih „kritičnih parametara“ nisu prekoračene (u slučajevima kada srednje vrijednosti koncentracija „kritičnoga“ parametra s mjernih postaja prelaze u manje od 50 % svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost, pod uvjetom da srednje vrijednosti u više od 50 % kvartalnih perioda u zadnje tri godine ne prelaze standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost i svi drugi dostupni podaci i informacije potvrđuju da ne postoji značajan utjecaj onečišćenja koji bi uzrokovao loše stanje tijela podzemne vode
	Niska	U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode jest u riziku za ovaj test I Na barem jednoj mjernoj postaji srednja vrijednost „kritičnoga“ parametra prelazi njegov standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost (u slučajevima kada srednje vrijednosti koncentracija „kritičnoga“ parametra s lokacije mjerne postaje prelaze u više od 50 % svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost, pod uvjetom da srednje vrijednosti u više od 50 % kvartalnih perioda u zadnje tri godine ne prelaze standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost, međutim daljnja istraživanja potvrđuju da mjerena vrijednost „kritičnoga“ parametra ne prelazi njegovu SPV / GVPV vrijednost niti na jednoj mjernoj postaji ILI Srednja vrijednost „kritičnoga“ parametra prelazi njegov SPV / GVPV na manje od 30 % površine dijela tijela podzemne vode koji zauzimaju osnovni i/ili sekundarni vodonosnici (u slučajevima kada srednje vrijednosti koncentracija „kritičnoga“ parametra s lokacija mjernih postaja (s područja koje je manje od 30 % površine dijela tijela podzemne vode koje zauzimaju osnovni i/ili sekundarni vodonosnici) prelaze u više od 50 % svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost, pod uvjetom da srednje vrijednosti u više od 50 % kvartalnih perioda u zadnje tri godine ne prelaze standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost) ili postoji odstupanje između podataka motrenja i konceptualnoga modela tijela podzemne vode koji prikazuje poznate pritiske i njihove utjecaje na podzemne vode
Loše	Niska	U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode jest u riziku za ovaj test I Na barem jednoj mjernoj postaji srednja vrijednost „kritičnoga“ parametra prelazi SPV / GVPV (u slučajevima kada srednje vrijednosti koncentracija „kritičnoga“ parametra s lokacije mjerne postaje prelaze u više od 50 % svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost, pod uvjetom da srednje vrijednosti u više od 50 % kvartalnih perioda u zadnje tri godine ne prelaze standard kakvoće i/ili graničnu vrijednost) i barem jedna mjerena vrijednost „kritičnoga“ parametra prelazi njegovu SKPV / GVPV vrijednost na barem jednoj mjernoj postaji I Daljnja istraživanja potvrđuju da srednja vrijednost „kritičnoga“ parametra prelazi njegovu graničnu vrijednost na više od 30 % površine dijela tijela podzemne vode koji zauzimaju osnovni i/ili sekundarni vodonosnici (u slučajevima kada srednje vrijednosti koncentracija „kritičnoga“ parametra s lokacija mjernih postaja (s područja koje je veće od 30 % površine dijela tijela podzemne vode koji zauzimaju osnovni i/ili sekundarni vodonosnici) prelaze u više od 50 % svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) SPV / GVPV, pod uvjetom da srednje vrijednosti u više od 50 % kvartalnih perioda u zadnje tri godine ne prelaze SPV / GVPV, međutim, postoji odstupanje između podataka motrenja i konceptualnoga modela tijela podzemne vode koji prikazuje poznate pritiske i njihove utjecaje na podzemne vode
	Visoka	U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode jest u riziku za ovaj test I Na barem jednoj mjernoj postaji srednja vrijednost „kritičnoga“ parametra prelazi njegovu graničnu vrijednost (u slučajevima kada srednje vrijednosti koncentracija „kritičnoga“ parametra s lokacije mjerne postaje prelaze u više od 50 % svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) SPV / GVPV, pod uvjetom da srednje vrijednosti u više od 50 % kvartalnih perioda u zadnje tri godine prelaze SPV / GVPV i barem jedna mjerena vrijednost „kritičnoga“ parametra prelazi njegovu SKPV / GVPV vrijednost na barem jednoj mjernoj postaji I Svi dostupni podaci i informacije, uključujući podatke iz programa monitoringa, potvrđuju postojanje značajnoga onečišćenja tijela podzemne vode (na više od 30 % površine dijela tijela podzemne vode koji zauzimaju osnovni i/ili sekundarni vodonosnici prekoračeni su standardi kakvoće i/ili granične vrijednosti „kritičnog“ parametra)

6.3.2. KRŠ

Ovaj se test provodi sa svrhom utvrđivanja značajnih degradacija kakvoće podzemnih voda koje mogu ugroziti strateško korištenje podzemnih voda za postojeće ili planirane zahvate za ljudsku potrošnju i/ili druge planirane zahvate. Postupak se provodi u dva koraka:

1. Utvrđuje se da li unutar tijela podzemnih voda ima točaka monitoringa na kojima neki od parametara kakvoće prelaze u prosječnim vrijednostima zadane SPV / GVPV vrijednosti te u zadnjoj godini TV = 75 % SPV / GVPV. Ako takvih točaka nema, tijelo podzemne vode je u DOBROM STANJU.

2. Na drugoj se razini promatra obim problema na način da se određuje se da li je više od jedne trećine površine tijela podzemne vode obuhvaćeno ovim problemom i ako je, tijelo podzemne vode se ocjenjuje U LOŠEM STANJU. U slučaju da utjecaj nije obuhvatio više od trećine površine tijelo podzemne vode ocjenjuje se kategorijom u DOBROM STANJU sukladno ovom testu.



Slika 8. Postupak provedbe testa „Ocjena opće kakvoće" za krš

Pouzdanost analize se procjenjuje na način da ukoliko u pojedinom tijelu podzemne vode postoji 3 ili manje točaka opažanja i ograničeni broj dodatnih podataka pouzdanost se procjenjuje kao niska, a ukoliko postoji veliki broj podataka i dodatnih analiza koje potkrjepljuju stanje kakvoće u pojedinom tijelo podzemnih voda pouzdanost se procjenjuje kao visoka.

6.4. TEST „POVRŠINSKE VODE POVEZANE S PODZEMNIM VODAMA"

Povezanost površinskih voda s podzemnim vodama utvrđuje se na temelju konceptualnih modela za svako pojedino tijelo podzemne vode. Na području Republike Hrvatske sva tijela podzemnih voda u pravilu su povezana s površinskim vodama.

U panonskom dijelu Hrvatske, podzemne vode akumulirane su u vodonosnicima međuzrnske poroznosti. Glavninu godine vodonosnici napajaju površinske vode, ali uslijed visokih vodostaja u određenim dijelovima godine i površinske vode napajaju vodonosnike.

U krškom dijelu Hrvatske, podzemne vode su s površinskim vodama povezane preko okršenih dijelova terena. Na tim mjestima površinske vode poniru i teku kroz podzemlje do nailaska na slabije propusne naslage (hidrogeološke barijere) gdje istječu na površinu formirajući ponovno površinski tok.

Procjena kakvoće podzemnih voda unutar tijela podzemnih voda s obzirom na povezanost površinskih i podzemnih voda, provodi se kako bi se spriječilo značajno pogoršanje kemijskog stanja površinskih voda. Zaključak o stanju donosi se na temelju procjene stanja površinskih voda i mogućnosti prijenosa onečišćujućih tvari iz podzemnih u površinske vode . Provodi se ocjena kemijskog stanja površinskih voda na temelju tvari koje služe za ocjenu kemijskog stanja površinskih voda prema Uredbi, SKVO standarda kakvoće vodnog okoliša i standarda za ocjenu kemijskog stanja podzemnih voda - SKPV.

Ocjena stanja tijela podzemnih voda s obzirom na povezanost podzemnih voda s površinskim vodama, razmatrana je u području vrlo visoke i visoke ranjivosti vodonosnika, gdje je vjerojatnost za kontakt površinskih i podzemnih voda najveća. Izdvojena su sva površinska vodna tijela na tom području vrlo visoke i visoke ranjivosti vodonosnika svakog tijela podzemnih voda. Za razliku od Plana upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021. gdje su razmatrane velike rijeke i manji vodotoci svrstani u Natura 2000 i veće rijeke koje nisu izdvojene u Natura 2000, u Planu upravljanja vodnim područjima do 2027. ovim su testom testirana sva izdvojena površinska vodna tijela. Za test se koriste granične vrijednosti za koje su Uredbom propisani okolišni standardi kakvoće za prioritetne tvari i ostale onečišćujuće tvari površinskih voda sukladno Prilogu 5.B. (u daljnjem tekstu standardi kakvoće vodnog okoliša - SKVO) po kojima se ocjenjuje kemijsko stanje površinskih vodnih tijela koje su strože u odnosu na standarde / granične vrijednosti „kritičnih“ parametara za ocjenu kemijskog stanja podzemnih voda, kao i parametrima za ekološko stanje površinskih voda sukladno Prilogu 2.C. Uredbe koji se podudaraju s „kritičnim“ parametrima za ocjenu kemijskog stanja podzemnih voda. Granična vrijednost “kritičnog“ parametra jednaka je standardu kakvoće vodnog okoliša ili graničnoj vrijednosti ekološkog stanja.

Preklope se „kritični“ parametri kojima se ocjenjuje kemijsko stanje podzemnih voda, kao i dodatno oni parametri kojima se ocjenjuje kemijsko stanje površinskih voda (SKVO), a ne koriste se za ocjenu stanja podzemnih voda, te se testiraju i površinske i podzemne vode.

Ako su površinske vode ocijenjene u lošijem stanju od dobroga, analizira se da li je u podzemnoj vodi prekoračen relevantni standard kakvoće vode. U slučaju da je tijelo podzemnih voda ocijenjeno u lošem stanju, analizira se i mogućnost prijenosa onečišćujućih tvari iz podzemnih voda u površinske vode. Ako takva mogućnost ne postoji, tijelo podzemnih voda je u dobrom stanju. Ako postoji i ako je taj doprinos značajan, tijelo podzemnih voda je u lošem stanju. Značajan doprinos podrazumijeva da više od 50 % onečišćenja tijela iz površinskih voda potječe iz podzemne vode.

Parametri koji se koriste za test „Površinske vode povezane s podzemnim vodama“:

„Kritični“ parametri iz podzemnih voda poklapaju se sa parametrima za ocjenu kemijskog stanja površinskih voda: (Amonij (mgN/l), Nitrati (mgN/l), Ortofosfati otopljeni (mgP/l), Ukupni fosfor (mgP/l), Arsen otopljeni (µg/l), Kadmij otopljeni (µg/l), Olovo otopljeno (µg/l), Živa otopljena (µg/l), 4,4' DDT (µg/l), Aldrin (µg/l), Atrazin (µg/l), DDT ukupni (µg/l), Dieldrin (µg/l), Diklorvos (µg/l), Endosulfan ukupni (µg/l, Endrin (µg/l), Heksaklorbenzen (HCB) (µg/l), Heksaklorcikloheksan ukupni (HCH) (µg/l), Heptaklor (µg/l), Heptaklorepoksid (µg/l), Izodrin (µg/l), Klorfenvinfos (µg/l), Klorpirifos (-etil) (µg/l), Simazin (µg/l), Tetrakloretilen (µg/l), Trikloretilen (µg/l) i Salinitet(‰)).

Parametri koji služe za ocjenu kemijskog stanja površinskih voda a nisu „kritični“ parametri:

pH, Ukupni dušik (mgN/l), Bakar otopljeni (µg/l, Cink otopljeni (µg/l), Krom otopljeni (µg/l), Nikal otopljeni (µg/l), 1,2-dikloretan (µg/l), Alaklor (µg/l), Diklormetan (µg/l), Heksaklorbutadien (µg/l), Tetraklormetan (tetrakloruglјik) (µg/l) i Triklormetan (kloroform) (µg/l)).

Pouzdanost procjene ovisi o količini raspoloživih podataka o kemizmu površinskih i podzemnih voda.

Podaci se analiziraju iz dvije vrste monitoringa u zadnjih dvije do šest godina nacionalnog monitoringa kvalitete (Hrvatske vode) i dodatnog monitoringa (HZJZ) na javnim vodocrpilištima u svrhu praćenja zadovoljavanja uvjeta kakvoće vode za piće (sirova voda).

Utvrđuje se stanje površinskih voda i to loše. Ako je lošije stanje površinskih voda povremeno na lokacijama smještenim nizvodno od urbanih sredina i na područjima ispusta otpadnih voda izravno u površinske vode, utjecaj podzemnih voda je isključen.

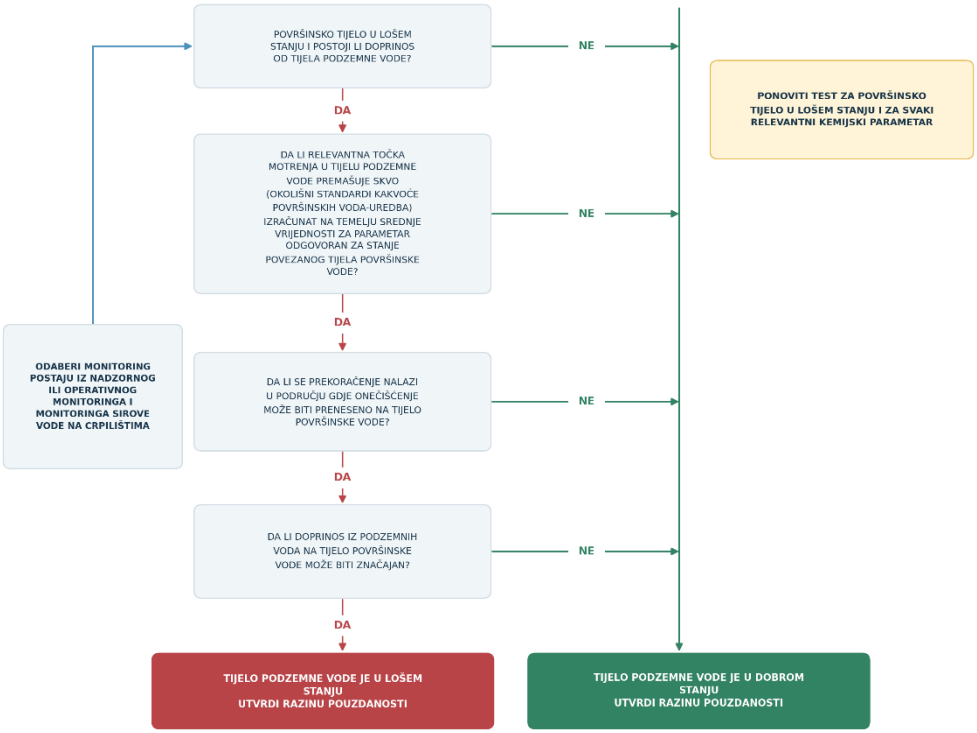
Postupak procjene sastoji se od sljedećih koraka:

1. Ako su površinske vode ocijenjene u dobrom stanju, tada je i tijelo podzemne vode povezano s tim površinskim vodama u dobrom stanju. Tijelo podzemnih voda je u dobrom stanju s obzirom na ovaj test i ako unutar njega nema razmatranih površinskih voda.

2. Ako su površinske vode ocijenjene u lošem stanju, analizira se da li u podzemnoj vodi prekoračen relevantni standard kakvoće izračunat na temelju srednje vrijednosti parametra odgovornog za stanje povezanog tijela površinske vode. Relevantni standard kakvoće usvojen je standardi kakvoće vodnog okoliša SKVO.

3. U slučaju da u prvom koraku nije tijelo podzemnih voda ocijenjeno u dobrom stanju, analizira se i mogućnost prijenosa onečišćujućih tvari iz podzemnih voda u površinske. Ako takva mogućnost ne postoji, tijelo podzemnih voda je u dobrom stanju. U slučaju da postoji i da je taj doprinos značajan, tijelo podzemnih voda je u lošem stanju. Značajan doprinos podrazumijeva da više od 50 % onečišćenja tijela površinske vode potječe iz podzemne vode.

Pouzdanost procjene ovisi o količini raspoloživih podataka o kemizmu površinskih i podzemnih voda.



Slika 9. Postupak provedbe testa „Površinske vode povezane s podzemnim vodama“

6.5. TEST „EKOSUSTAVI OVISNI O PODZEMNIM VODAMA“

Procjena kakvoće podzemnih voda unutar tijela podzemnih voda s obzirom na ekosustave ovisne o podzemnim vodama provodi se kako bi se spriječilo značajno pogoršanje kemijskog stanja ekosustava ovisnih o podzemnim vodama. Stanje se procjenjuje na temelju procjene kemijskog stanja podzemnih voda unutar tijela podzemnih voda.

Ako EOPV nije značajno oštećen (niskog do umjerenog stupnja) tada je i tijelo podzemne vode unutar koje se nalazi u dobrom stanju. Ako je EOPV značajno oštećen, analizira se da li je u podzemnoj vodi prekoračen relevantni standard kakvoće vode (SKVO) izračunat na temelju srednje vrijednosti za parametar odgovoran za oštećenje EOPV. Kao i u slučaju povezanosti površinskih i podzemnih voda, kemijsko stanje podzemnih voda s obzirom na ekosustave testira se prema graničnim vrijednostima prioritetnih tvari - SKVO prema kojima se ocjenjuje kemijsko stanje površinskih voda, a koje su strože u odnosu na granične vrijednosti „kritičnih parametara“ u podzemnim vodama, kao i parametara za ekološko stanje površinskih voda koje se poklapaju sa „kritičnim“ parametrima za ocjenu kemijskog stanja podzemnih voda. Testirane su vrijednosti parametara prioritetnih tvari u površinskim i podzemnim vodama za svaki ekosustav prema SKVO. Ako se prekoračenje nekog od parametara ne nalazi u području s kojeg onečišćenje može biti preneseno na EOPV, tada je i tijelo podzemne vode unutar koje se nalazi EOPV u dobrom stanju. Ako prekoračenje nekog od parametara SKVO uzrokuje značajno oštećenje ekosustava, tijelo podzemne vode s obzirom na ovaj test je u lošem stanju. U svakom podzemnom vodnom tijelu određene su najmanje tri reprezentativne točke unutar površine ekosustava ili najbliže ekosustavu.

Postupak se sastoji od sljedećih koraka:

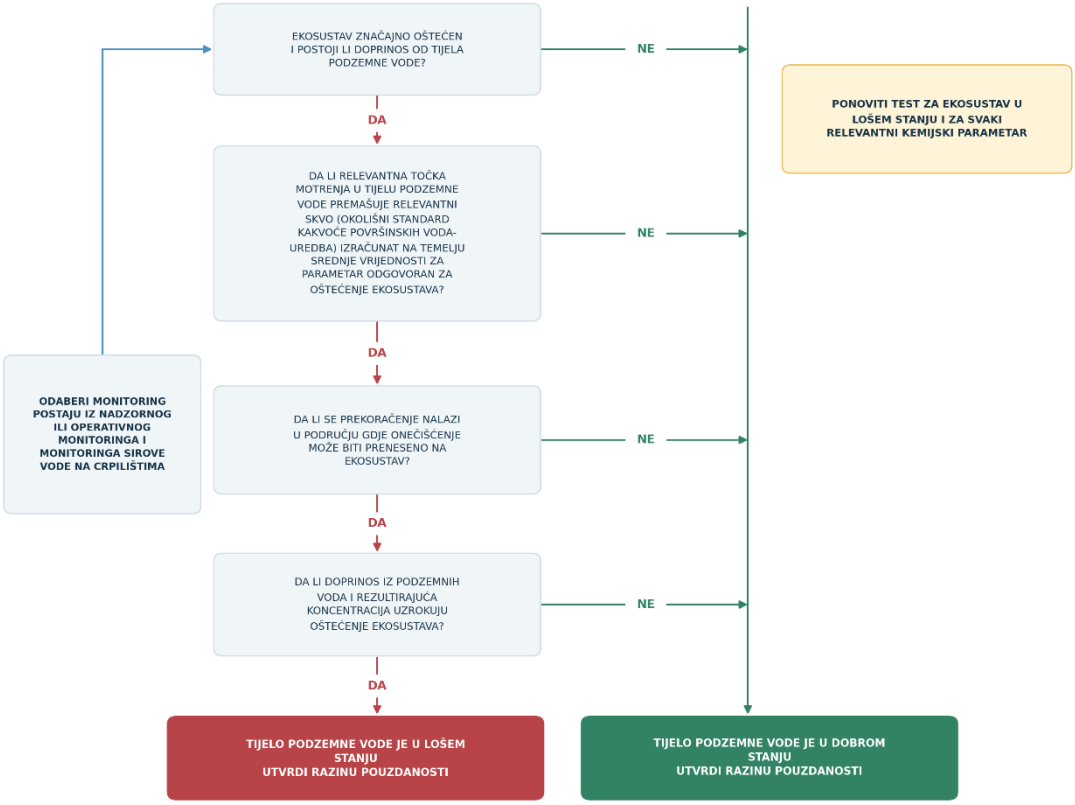
1. Ako ekosustav podzemnih voda nije značajno oštećen ili ako je to oštećenje niskog do umjerenog stupnja, tada je i tijelo podzemne vode unutar koje se nalazi u dobrom stanju. Dobro stanje podzemnih voda potvrđuju i indikatorski organizmi ako se provodi istraživački monitoring (Proteus, Niphargus, Troglocaris, Monolistra, Marifugia, Zospeum i drugi) koji su registrirani u speleološkim objektima ili makrozoobentos utvrđen u vodenim okolišima. Tijelo podzemnih voda je u dobrom stanju s obzirom na ovaj test i ako unutar njega nema ekosustava podzemnih voda (EOPV). Ako nema indikatorskih organizama kemijsko stanje podzemnih voda s obzirom na ekosustave testira se prema graničnim vrijednostima prioritetnih tvari - SKVO prema kojima se ocjenjuje kemijsko stanje površinskih voda, a koje su strože u odnosu na granične vrijednosti „kritičnih parametara“ u podzemnim vodama, kao i parametara za ekološko stanje površinskih voda koje se poklapaju sa „kritičnim“ parametrima za ocjenu kemijskog stanja podzemnih voda. Testirane su vrijednosti parametara prioritetnih tvari u površinskim i podzemnim vodama za svaki ekosustav prema SKVO.

2. Ako je EOPV značajno oštećen, analizira se da li je u podzemnoj vodi na monitoring postaji prekoračen relevantni standard kakvoće vode (SKVO - Uredba) za prioritetne tvari i ostale onečišćujuće tvari izračunat na temelju srednje vrijednosti za parametar odgovoran za oštećenje EOPV.

3. Ako se prekoračenje nekog od parametara SKVO ne nalazi u području s kojeg onečišćenje može biti preneseno na EOPV, tada je i tijelo podzemne vode unutar koje se nalazi u dobrom stanju.

4. Ako takvo prekoračenje nekog od parametara SKVO uzrokuje značajno oštećenje ekosustava, tijelo podzemne vode s obzirom na ovaj test je u lošem stanju.

Pouzdanost procjena ovisi o količini raspoloživih podataka o kemizmu površinskih i podzemnih voda.



Slika 10. Postupak provedbe testa „Ekosustavi ovisni o podzemnim vodama“

7. INDIKATORI POBOLJŠAVANJA KEMIJSKOG STANJA ZA NITRATE I PESTICIDE

Procjena stanja podzemnih voda provodi se za vodna tijela podzemnih voda (TPV) koja su identificirana u riziku, i to u odnosu na prijemnik i svaki od onečišćivača koji doprinose takvom stanju. Ako bilo koji od testova klasifikacije pokaže loše kemijsko stanje, TPV je u lošem kemijskom stanju.

Poboljšavanje stanja iz lošeg u dobro često nije vidljiv. Zbog toga su razvijene metode izračuna (indikatori podzemnih voda) za nitrate i pesticide, kako bi se prikazao napredak u provedbi mjera za poboljšanje kemijskog stanja TPV, što se ipak još ne odražava u ukupnoj klasifikaciji prema Okvirnoj direktivi o vodama (WFD). Nitrati i pesticidi odabrani su jer često uzrokuju loše kemijsko stanje TPV u cijeloj EU.

Indikatori za nitrate i pesticide izračunavaju se samo za TPV koji su imali loše kemijsko stanje u dva uzastopna planska razdoblja upravljanja vodnim područjima. Izračun se temelji na istim podacima koji se koriste za procjenu stanja. Podaci moraju biti dostupni na razini lokacije praćenja za oba planska razdoblja kako bi se omogućila usporedba Planova upravljanja vodnim područjima. Stoga je dogovoreno da se, po mogućnosti, usporede podaci praćenja iz prve 3 godine dvaju uzastopnih planskih razdoblja.

7.1. NITRATI

Za indikator podzemnih voda za nitrate razvijena je jednostavna i robusna metoda. Metoda se temelji na usporedbi aritmetičke sredine koncentracije nitrata u TPV, uzimajući u obzir samo konzistentna mjesta praćenja za dva planska razdoblja Planova upravljanja vodnim područjem. Korištenje istih lokacija u oba razdoblja omogućuje procjenu stvarnih promjena koncentracija i izbjegava pristranost uzrokovanu različitim lokacijama. Za izračun indikatora odabiru se sve lokacije praćenja čija prosječna

koncentracija prelazi 10 mg/l u prvom i/ili drugom planskom razdoblju Planova upravljanja vodnim područjima. Lokacije s koncentracijom ≤ 10 mg/l u oba planska razdoblja ne uzimaju se u obzir pri izračunu indikatora.

Za svaku lokaciju praćenja izračunava se aritmetička sredina tijekom trogodišnjeg razdoblja. Ako je u jednoj godini dostupno više mjerenja, izračunava se godišnji prosjek, a zatim se trogodišnji prosjek temelji na tim godišnjim sredinama.

Aritmetička sredina koncentracije na razini TPV izračunava se na temelju pojedinačnih trogodišnjih srednjih vrijednosti svih odabranih lokacija (onih s trogodišnjom srednjom koncentracijom > 10 mg/l u prvom i/ili drugom planskom razdoblju).

Izračunava se razlika u koncentraciji između dviju srednjih vrijednosti TPV-a. Na taj se način procjenjuje promjena koncentracije nitrata između dvaju uzastopnih razdoblja. Samo smanjenje koncentracije od najmanje 5 mg/l smatra se značajnim i izvješćuje se.

Kriterij od 5 mg/l usklađen je s vodičem za izvješćivanje država članica prema Direktivi o nitratima (91/676/EEZ), gdje smanjenje koncentracije od najmanje 5 mg/l predstavlja znatno smanjenje.

7.2. PESTICIDI - PRELIMINARNA METODA

Indikator podzemnih voda računa se samo za vodna tijela podzemnih voda (TPV) koja imaju loše kemijsko stanje u oba planska razdoblja Planova upravljanja vodnim područjima. Indikator mjeri (relativne) promjene koncentracije između dva uzastopna planska razdoblja i primjenjuje se samo na pojedinačne tvari. U izračun se uključuju samo konzistentne lokacije, tj. one za koje postoje podaci u oba planska razdoblja. Za primjenu predložene statističke metode potrebno je najmanje šest konzistentnih lokacija po TPV-u.

Zbog različitih LOQ vrijednosti i kvantificiranih vrijednosti ispod LOQ-a koje mogu utjecati na rezultate, podaci se prilagođavaju. LOQ vrijednosti trebaju biti niže od kvantificiranih koncentracija i moraju biti iste u oba razdoblja. Ako nisu, sve vrijednosti manje od LOQ i kvantificirane vrijednosti manje od najveće LOQ vrijednosti (LOQmax) zamjenjuju se s LOQmax kao konzervativni pristup.

Za svaku lokaciju računa se aritmetička sredina koncentracije za trogodišnje razdoblje. Ako ima više mjerenja godišnje, prvo se izračunava godišnji prosjek, a zatim trogodišnji prosjek na temelju godišnjih vrijednosti.

Parne prosječne koncentracije s lokacija koriste se za daljnju procjenu. Primjenjuje se Wilcoxonov potpisani rang-test kako bi se utvrdilo postoji li statistički značajna razlika između prosječnih koncentracija iz oba planska razdoblja, s razinom značajnosti od 5 %.

8. METODOLOGIJA PROCJENE RIZIKA OD NEPOSTIZANJA DOBROG KEMIJSKOG STANJA

Sastavni dio procjene rizika od nepostizanja dobroga kemijskoga stanja tijela podzemnih voda jest analiza pritisaka i utjecaja, koja se provodi temeljem članka 5. ODV kroz primjenu „pokretač - pritisak - stanje - utjecaj - odgovor“ okvira. U postupku procjene rizika koriste se istovrsni podaci i elementi stanja koji se koriste i u postupku ocjene kemijskoga stanja (podaci monitoringa, granične vrijednosti, analiza trendova, procjena elementa stanja za svaki značajan prijamnik). Razlika između procjene rizika i ocjene stanja je u tome što se prilikom procjene rizika koristi „princip predostrožnosti“ što u naravi znači da određeno tijelo može biti u riziku, iako je trenutno u dobrom stanju. Za potrebe procjene rizika potrebno je za svako tijelo (grupu tijela) prikupiti i opisati, osim podataka o značajnim pokretačima i pritiscima, također i sve relevantne geološke, hidrogeološke, klimatološke i druge podatke i pokazatelje te izraditi konceptualni model tijela podzemne vode. Za svako tijelo podzemnih voda potrebno je ažurirati podatke početne karakterizacije (ili daljnje karakterizacije za tijela u riziku) iz prethodnoga Plana upravljanja vodnim područjima. Prilikom procjene rizika potrebno je uzeti u obzir utjecaje budućih pritisaka i utjecaje promjena postojećih pritisaka (ključni ekonomski faktori koji utječu na korištenje voda: korištenje

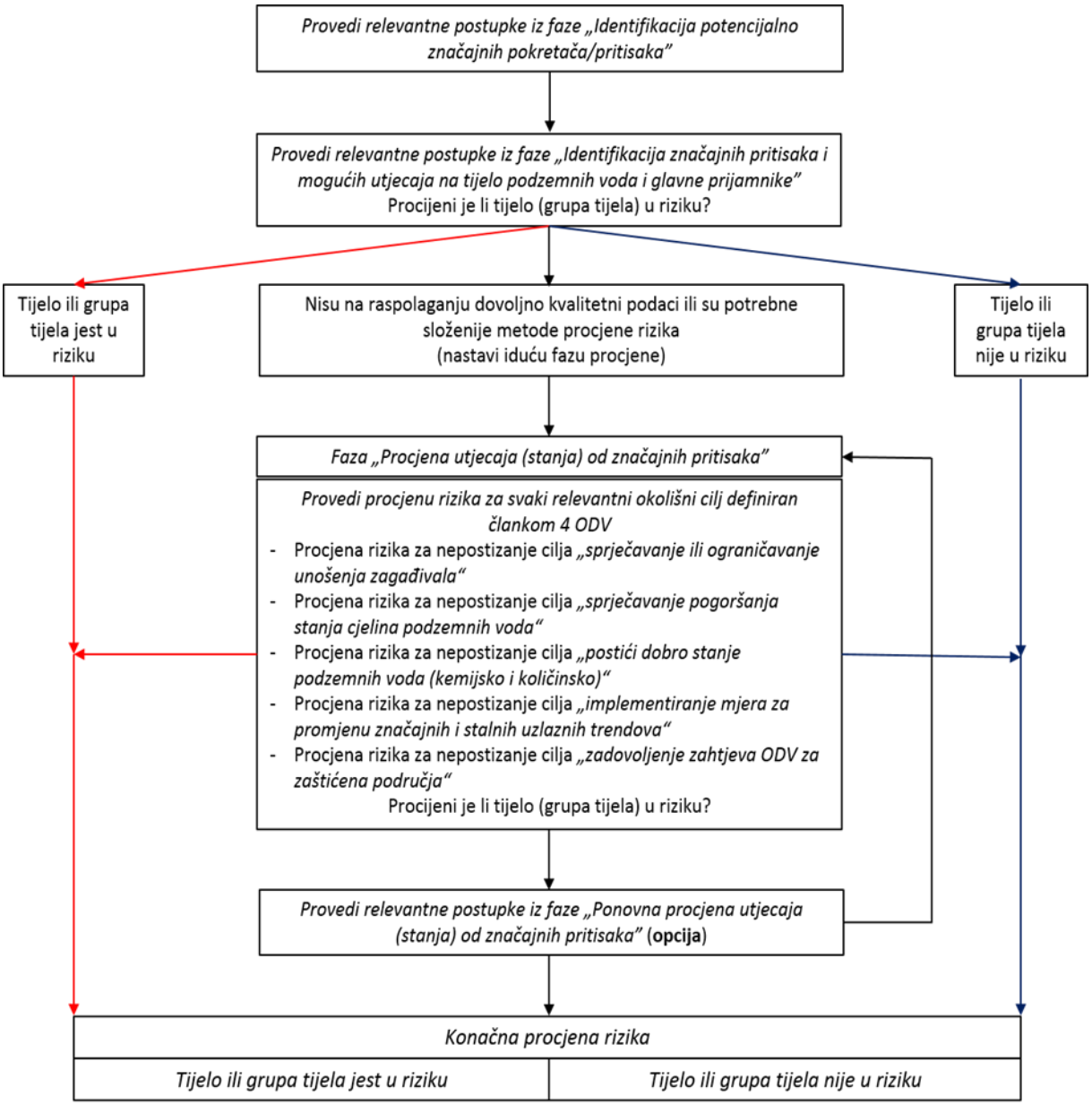
zemljišta, urbanizacija, poljoprivredna aktivnost i drugo), koji bi mogli negativno utjecati na kemijski i količinski status podzemnih voda. Potrebno je uzeti u obzir i kako predviđeni utjecaji klimatskih promjena (oborine, evapotranspiracija) i promjena u načinu korištenja zemljišta (urbanizacija) mogu utjecati na prihranjivanje podzemnih voda. Postupak procjene rizika za kemijsko stanje provodi se temeljem podataka monitoringa kemijskoga stanja (izravna metoda procjene) i/ili temeljem podataka o pritiscima koji se preklapaju s podacima o prirodnoj ranjivosti podzemne vode (neizravna metoda procjene, koje rezultira izradom karte rizika iz karte hazarda i karte prirodne ranjivosti). Tijekom prikupljanja podataka za potrebe provedbe analize pritisaka i utjecaja, potrebno je uzeti u obzir vremensko mjerilo (pritisci se mogu očitovati kroz pogoršanje stanja tijela podzemnih voda nakon dugo vremena, ovisno o hidrogeološkoj situaciji) i prostorno mjerilo podataka (primjerice, utjecaj crpljenja iz pojedinoga zdenca ili crpilišta na pojedini kopneni ekosustav razlikuje se po veličini, intenzitetu i značaju u odnosu na kumulativni utjecaj crpljenja iz svih crpilišta unutar granica tijela podzemne vode na kemijsko stanje tijela podzemnih voda (u slučaju kada crpljenje uzrokuje promjenu kemijskog sastava). Procjena rizika provodi se u razdoblju do dva planska ciklusa Plana upravljanja vodnim područjima (12 godina). Postojanje mogućega značajnog uzlaznog trenda, a time i postojanje rizika, može se provesti ekstrapolacijom podataka u vremenskom razdoblju do maksimalno 12 godina. Ako je tijelo podzemnih voda u dobrom stanju, ali postoje pokazatelji koji upućuju da bi pritisci unutar toga tijela mogli dovesti do lošega stanja do kraja idućega planskog razdoblja, tada tijelo podzemnih voda treba označiti da je u riziku od nepostizanja cilja „sprječavanje pogoršanja stanja tijela podzemnih voda“. Sva ona tijela koja su ocjenjena da su u lošem stanju treba označiti da su u riziku od nepostizanja cilja „postići dobro stanje podzemnih voda (kemijsko i količinsko)“. Ukoliko je kvaliteta podataka koja se koristi za potrebe procjene rizika loša ili podataka nema, tada su rezultati procjene rizika nepouzdani. U takvom slučaju tijelo podzemnih voda, koje se procjenjuje, mora biti označena da je u riziku s određenom razinom pouzdanosti. Procjena rizika za kemijsko stanje provodi se za sva tijela podzemne vode. Procjena rizika provodi se temeljem kriterija za karakterizaciju rizika od pogoršanja stanja.

Tablica 4. Kriteriji za definiranje tijela podzemne vode koje se u riziku od pogoršanja kemijskog stanja

Kriteriji za definiranje tijela podzemne vode koje su u riziku od pogoršanja kemijskoga stanja	
Tijelo podzemne vode je trenutno u dobrom stanju	**TIJELO PODZEMNE VODE JE U RIZIKU UKOLIKO:** o srednje vrijednosti koncentracija prelaze: ▪ standard kakvoće podzemnih voda ili *graničnu vrijednost za ocjenu stanja* na barem jednoj lokaciji mjerne postaje (piezometra ili zdenca/crpilišta) i ▪ 75 % vrijednosti standarda kakvoće podzemnih voda ili 75 % *graničnih vrijednosti za ocjenu stanja* na razini vodnoga tijela ili o analiza trendova na razini tijela ili grupe tijela podzemne vode pokazuje da će mjerene i ekstrapolirane vrijednosti koncentracija premašiti standard kakvoće ili *graničnu vrijednost* unutar dva ciklusa plana upravljanja (12 godina)
Tijelo podzemne vode je trenutno u lošem stanju	**TIJELO PODZEMNE VODE JE U RIZIKU UKOLIKO:** o analiza trendova na razini tijela podzemne vode (mjerenih i ekstrapoliranih vrijednosti koncentracija) pokazuje da unutar idućega ciklusa plana upravljanja neće doći do promjene značajnoga uzlaznoga trenda ili o nije za očekivati da će u idućem planskom razdoblju, u značajnoj mjeri ili u cijelosti, biti uklonjeni pritisci koji su doveli do lošega stanja tijela podzemne vode

Tijela podzemne vode, koje su u postupku ocjene stanja ocjenjene da su u lošem stanju, označavaju se da su u riziku za nepostizanje ovoga cilja. Postupak procjene rizika se provodi na identičan način kao postupak ocjene stanja, što znači da je potrebno provesti sve relevantne testove za ocjenu stanja. Pritom je, u postupku procjene rizika za kemijsko stanje, nužno definirati početno referentno stanje (engl. baseline condition), odnosno određivanje početnih vrijednosti koncentracija svih parametara koji doprinose da je tijelo podzemne vode u riziku, u odnosu na koje će se (analizom trendova parametara) utvrđivati promjena kemijskoga stanja. Potrebno je definirati granične vrijednosti (engl. threshold values) za sve parametre koji doprinose riziku kako bi se napravila usporedba s podacima monitoringa stanja

kakvoće. Pritom je potrebno definirati granične vrijednosti tako da iste pravodobno upućuju na postojanje rizika za bilo koji okolišni cilj ODV. To znači da granične vrijednosti za potrebe procjene rizika treba postaviti na 75 % vrijednosti graničnih vrijednosti koje se koriste za ocjenu stanja. Za potrebe procjene rizika u odnosu na pojedine elemente stanja, moguće je koristiti različite vrijednosti graničnih vrijednosti, sukladno metodologiji definiranoj u CIS vodiču br. 18 (različiti testovi traže različite granične vrijednosti). U takvim slučajevima, granične vrijednosti za ocjenu rizika pojedinoga elementa stanja moraju biti postavljene na 75 % vrijednosti granične vrijednosti koja se koristi u testu ocjene stanja. Sve dobivene pokazatelje analize potrebno je kombinirati s podacima o pritiscima (izvorima onečišćenja i crpljenjima), kartom prirodne ranjivosti i kartom osjetljivosti tla na pronos onečišćenja. Ocjenu rizika potrebno je sprovesti korištenjem podataka o značajnim opterećenjima na podzemne vode u: poljoprivredi (dušik, fosfor, pesticidi), transportu (željeznice - pesticidi), odlagalištima (broj aktivnih odlagališta) te uzimajući u obzir i tehnološke ispuste otpadnih voda u podzemlje, vodonosnicima vrlo visoke i visoke ranjivosti, ocjeni kemijskog stanja i statistički značajnim trendovima dobivenim iz testova za ocjenu kemijskog stanja podzemnih voda. Postojanje rizika bilo kojega elementa stanja (testa stanja), bilo kemijskoga ili količinskoga, ujedno znači da je tijelo u riziku od nepostizanja ovoga cilja. Procjena rizika za nepostizanje cilja „implementiranje mjera za promjenu značajnih i stalnih uzlaznih trendova“ provodi se analizom trendova (pokazatelja kemijskoga stanja) na način da se utvrđuje promjena stanja u odnosu na neku temeljnu vrijednost (engl. baseline condition), kao i procjena vremena potrebnog za promjenu uzlaznoga trenda. U ovoj procjeni (trendova) potrebno je ekstrapolirati vremenske podatke kroz najviše dva ciklusa planova upravljanja vodnim područjem. Ukoliko ekstrapolirani podaci kroz dva planska ciklusa ukazuju da će doći do prekoračenja standarda kakvoće ili graničnih vrijednosti koje se koriste za ocjenu stanja, tada je tijelo podzemne vode u riziku. Pritom je potrebno voditi računa da se u obzir uzima utjecaj postojećega, ali i budućega korištenja zemljišta i pritisaka (ukoliko su dostupni takvi podaci s visokom razinom pouzdanosti) koji mogu utjecati na procijenjene (ekstrapolirane) vrijednosti trendova. Primjerice, ukoliko su dostupni budući klimatski podaci, moguće je uzeti u obzir utjecaj klimatskih promjena na trendove. Procjena rizika za nepostizanje cilja „zadovoljenje zahtjeva ODV za zaštićena područja“ ne provodi se zasebno, već se provodi u okviru procjene rizika za nepostizanje cilja „postizanje dobroga stanja podzemnih voda (kemijsko i količinsko)“. Relevantna zaštićena područja (u odnosu na podzemne vode) su: zaštićena područja za pitke vode, značajni ekosustavi ovisni o podzemnim vodama i ranjive zone na nitrate. Sve faze procjene rizika koje se provode u okviru slijednoga pristupa, kao i njihov vremenski raspored u okviru svakoga ciklusa plana upravljanja prikazane su dijagramom toka na Slici 12.



Slika 11. Blok dijagram procjene rizika od nepostizanja dobrog kemijskog stanja tijela podzemnih voda

9. LITERATURA

9.1. LEGISLATIVA

Direktiva o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće	2006/118/EZ i 2014/80/EZ
Okvirna direktiva o vodama	2000/60/EZ
Plan upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021.	Narodne novine, broj 66/16
Plan upravljanja vodnim područjima do 2027.	Narodne novine, broj 84/23
Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode namijenjene za ljudsku potrošnju	Narodne novine, broj 64/23
Priopćenje komisije o principu predostrožnosti	COM 2000.
Uredba o standardu kakvoće voda	Narodne novine, br. 96/19, 20/23 i 50/23
Zakon o vodama	Narodne novine, br. 66/19, 84/21 i 47/23

9.2. STUDIJE I VODIČI

CIS Guidance 16, 2007.:	Guidance on Groundwater in Drinking Water Protected Areas	
CIS Guidance 18, 2009.:	Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment	
CIS Guidance 26, 2010:	Guidance on Risk Assessment and the Use of Conceptual Models for Groundwater	
CIS WG Groundwater - Technical Report No. 9., 2015.:	Technical Report on Groundwater Associated Aquatic Ecosystems	
CIS WG Groundwater - Summary report - DRAFT, 2023.	Technical report on groundwater indicators for nitrate and pesticides	
Cleveland, W. S.,1979.:	Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots	Journal of the American Statistical Association, 74.
Geotehnički fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, 2016.:	Definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području krša u Hrvatskoj	Varaždin
Hrvatski geološki institut, 2016.:	Ocjena stanja podzemnih voda na područjima koja su u direktnoj vezi s površinskim vodama i kopnenim ekosustavima ovisnim o podzemnim vodama	Zagreb
Lepeltier, C. , 1969.:	A simplified treatment of geochemical data by graphical representation	Econ. Geol., 64, 538-550
Müller, D., Blum, A., Hart, A., Hookey, J., Kunkel, R.,	Final proposal for a methodology to set up groundwater threshold values in	Deliverable D18.

Scheidleder, A., Tomlin, C., Waendland, F. 2006.:	Europe. In: Report to the EU project „BRIDGE“ 2006	
Rudarsko - geološko - naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2016.:	Definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području panonskog dijela Hrvatske	Zagreb.
Rudarsko - geološko - naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2018.:	Definiranje kriterija za određivanje pozadinskih koncetracija i graničnih vrijednosti onečišćujućih tvari u tijelima podzemne vode u panonskom dijelu Hrvatske	Zagreb
Scheidleder A. , 2012.:	Scheidleder A. (2012): In depth assessment of the differences in groundwater threshold values established by Member States.	Umweltbundesamt Report, Beč
Sinclair, A. J. ,1991.:	A fundamental approach to threshold estimation in exploration geochemistry: probability plots revisited.	Journal of Geochemical Exploration 41 (1-2), 1-22. Doi: 10.1016/0375-6742(91)90071-2
UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive, 2012.:	Groundwater Chemical Classification for the purposes of the Water Framework Directive and the Groundwater Directive - 2012	UKTAG paper br. 11 b (i)