

## 12. APIBENDRINANČIOS IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

Projekto vykdymo metu buvo įvertintas Baltarusijos AE eksploatuojamuose VVER-1200 reaktoriuose susidarantis radionuklidų bendras aktyvumas (inventorius) ir apibrėžta jo dalis skirtingoms radionuklidų grupėms, kuri galėtų būti išmesta į aplinką hipotetinių avarių metu. Sudaryti penki hipotetinio „katastrofinio“ (panašaus į 1986 m. Černobylio AE avarią) ir nuosaikesnio labiau „tikėtino“ (panašaus į 2011 m. Fukušimos AE avarią) Baltarusijos AE sunkių branduolinių avarių scenarijai. Jiems įvertinti atmosferos bei Neries, Vilnelės ir Vokės upių vandens taršos radionuklidais lygiai.

Panaudojus gausią archyvinę geologinę-hidrogeologinę informaciją, daugiamečio požeminio vandens monitoringo bei UAB „Vilniaus vandenys“ pateiktus vandenviečių gręžinių eksploatacinio režimo ir vandens lygio matavimų juose duomenis, BAE branduolinės avarijos poveikio požeminiam vandeniui įvertinimui sudaryti regioninis tiriamojo rajono ir detalizuoti atskirų nagrinėjamų vandenviečių erdviniai (3D) požeminio vandens filtracijos daugiasluoksniėje stovymėje matematiniai modeliai. Atliktas šių modelių kalibravimas, remiantis daugiamečiais (1950-2022 m.) vandenviečių požeminio vandens monitoringo duomenimis, apimančiais praityje buvusius maksimalių debitų laikotarpius.

Kaip ir numatyta techninėje užduotyje, radionuklidų migracija į požeminį vandenį visų avarinių scenarijų metu buvo vertinama vandenviečių eksploatacijos maksimaliu, vidutiniu ir minimaliu režimu atvejais. Jie yra atitinkamai maksimalaus, vidutinio ir minimalaus konkrečios vandenvietės 3 pastarųjų metų debito vidurkis (naudoti iš UAB „Vilniaus vandenys“ gauti 2020-2022 metų duomenys). Gauti modeliavimo rezultatai yra palyginti su dviem radionuklidų leistinos taršos geriamajame vandenyje normomis – kasdieniniame gyvenime naudojama geriamojo vandens higienos norma HN 24:2023 bei HN 99:2019, kurioje yra nurodyti leistini radiacinės taršos lygiai geriamajame vandenyje, įvykus branduolinei ar radiologinei avarijai.

Vandenviečių eksploatacijos skirtingais režimais modeliavimo rezultatai parodė, kad požeminio vandens radiacinės taršos iš upių keliu probleminėmis yra tik 6 Neries slėnio vandenvietės – Nemenčinė, Viriai, Pečiukai, Vingis, Jankiškės ir Bukčiai. Tose šių vandenviečių dalyse, kur pasireikštų Neries vandens prietaka į gavybos gręžinius, paviršinio vandens indėlis jų debite, priklausomai nuo eksploatacijos režimo, galėtų siekti nuo kelių dešimtųjų (Virių, Pečiukų vandenvietės) iki 14-22 procentų (Vingio, Jankiškių, Nemenčinės vandenvietės), o visos vandenvietės vandens mišinyje – nuo kelių dešimtųjų iki 11-14 procentų. Vilnios ir Vokės upių slėnių vandenvietėse (Sereikiškių, Tuputiškių, N.Vilnios, Pagirių, Trakų Vokės I, Grigiškių), eksploatuojant jas visais trimis minėtais režimais, upės požeminio vandens nemaitintų, tad šios vandenvietės radiacinės taršos požiriu yra saugios.

Nustatyta, kad Neries vandens radiacinės taršos atveju pavojų požeminiam vandeniui galėtų kelti tik katastrofinis oro avarinės taršos bei katastrofinis upės vandens tiesioginės taršos radionuklidais scenarijai. Jų metu upės vandenyje susiformavę svarbiausių radionuklidų (I-131, Sr-90, Cs-137, Ru-103, Ce-144, Zr-95) tūriniai aktyvumai galėtų iki 8-18 kartų viršyti HN 99:2019 geriamojo vandens avarinės taršos lygius ir iki kelių tūkstančių kartų viršyti gerokai griežtesnius geriamojo vandens higienos normos HN 24:2023 reikalavimus. Tikėtini oro avarinės taršos bei Neries vandens tiesioginės taršos radionuklidais scenarijai pavojaus požeminio vandens kokybei nesukeltų, jų metu susiformavę radionuklidų aktyvumai paviršiniame vandenyje nesiektų geriamojo vandens higienos normos HN 24:2023 leistinų lygių.

Upių vandens taršos radionuklidais poveikio požeminiam vandeniui modeliavimo rezultatai parodė, kad tiek oro katastrofinės avarinės taršos, tiek katastrofinės tiesioginės Neries taršos radionuklidais scenarijų atvejais, didžiausias aktyvumo vertes gali pasiekti I-131 ir Sr-90 atviriausių Nemenčinės, Jankiškių ir Vingio vandenviečių požeminiame vandenyje. Tačiau dėl

radionuklidų sorbcijos, pusėjimo procesų bei migruojančio taršos fronto maišymosi su vandeningaisiais sluoksniais tekančiu galingu švaraus gėlo požeminio vandens srautu jos būtų ne tik nepalyginamai mažesnės už HN 99:2019 leistinus avarinius geriamojo vandens taršos lygius, bet nesiektų ir geriamojo vandens higienos normos HN 24:2023 leistino lygmens. Oro katastrofinės taršos atveju I-131 didžiausias aktyvumas vienoje atviriausių Nemenčinės vandenvietėje siektų pusę, Sr-90 – penktadalį HN 24:2023 leistino lygio, kitų radionuklidų didžiausi aktyvumai siektų tik tūkstantąsias ar net milijonines vieneto dalis, t.y. jų būtų tik pėdsakai. Neries katastrofinės tiesioginės avarinės taršos radionuklidais atveju, kuomet didžiausias I-131 aktyvumas upės vandenyje būtų apie 56800 Bq/l, Nemenčinės vandenvietės požeminiame vandenyje jis galėtų priartėti prie HN 24:2023 leistino lygmens. Tad šis upės vandens taršos lygis praktiškai ir yra tas paviršinio vandens taršos lygis, iki kurio dar galima saugiai eksploatuoti vandenvietes.

Atlikti skaičiavimai parodė, jog laikas, per kurį Neries avarinės taršos atveju būtų pasiektas didžiausias radionuklidų aktyvumas vandenviečių požeminiame vandenyje, dėl minėtų radionuklidų sorbcijos bei kitų procesų būtų pakankamai ilgas. I-131, pasižymintio menkomis sorbcinėmis savybėmis, didžiausias aktyvumas gręžinių vandenyje galėtų būti pasiektas po avarijos BAE praėjus maždaug pusei metų, Zr-95 – praėjus 8 metams, Sr-90 – 45 metams, o Cs-137 ir Ce-144 maksimaliam aktyvumui pasiekti reiktų daugiau nei 100 metų.

Gauti rezultatai leidžia teigti, jog Neries slėnio vandenvietėse išgaunamo požeminio vandens kokybei HN 24:2023 požiūriu nebūtų padaryta neleistino poveikio nei tikėtinų, nei katastrofinių upės vandens taršos radionuklidais scenarijų atveju, įvykus hipotetinei avarijai Baltarusijos AE.

Kitas kelias, kuomet oro avarinė radiacinė tarša gali padaryti neigiamą poveikį požeminiam vandeniui, yra radionuklidų migracija su krituliais per dirvožemį, aeracijos zoną į gruntinį vandenį ir gilesnius vandeninguosius sluoksnius. Gauti modeliavimo rezultatai parodė, kad tik vienintelio Sr-90 tūrinis aktyvumas ir tik katastrofinės oro avarinės taršos scenarijaus atveju ten, kur aeracijos zona yra sudaryta iš stambiagrūdžių frakcijų smėlingų gruntų, siekiančių iki 2-3 m storio, per ją migruojančiuose krituliuose neatitiktų geriamojo vandens higienos normos HN 24:2023 reikalavimų. Tačiau pasiekti tokius gylius būtų reikalingas labai ilgas laikas, siekiantis 49-90 metų. Gruntiniame vandenyje šio radionuklido didžiausias tūrinis aktyvumas neviršytų HN 24:2023 leistino lygmens, jis galėtų būti pasiektas tik lokaliuose vietose praėjus ne mažiau kaip 100 metų po avarijos BAE. Gilesnių spūdinųjų vandeningųjų sluoksnių radionuklidai praktiškai nepasiektų. Gauti rezultatai rodo, kad net katastrofinė avarinė oro tarša nesukeltų rimtesnio pavojaus gruntinio bei giliau slūgsančių vandeningųjų sluoksnių požeminio vandens kokybei šuliniuose ir gręžiniuose, radionuklidams migruojant per dirvožemį, aeracijos zoną ir vandeninguosius sluoksnius skiriančius vandeniui silpnai laidžius darinius.

Tačiau rimtas pavojus kiltų, jei radionuklidais užterštas lietaus vanduo patektų tiesiai į atvirus šulinius ar gręžinius. Atlikti skaičiavimai parodė, kad radionuklidų tūrinis aktyvumas tokio šulinio ar gręžinio vandenyje gerokai viršytų ne tik geriamojo vandens kokybės normos HN 24:2023 reikalavimus, bet ir avarinius leistinus HN 99:2019 lygmenis. Taigi avarinė oro tarša radionuklidais gali sukelti pavojų požeminio vandens kokybei tik tuo atveju, jei ji tiesiogiai patektų į atvirus šulinius ar gręžinius.

Apibendrinant galima teigti, jog nors visais vertintais avarijos scenarijų BAE atvejais nebūtų padaryta neleistino poveikio požeminiam vandeniui, visgi tam tikras kiekis radionuklidų, neviršijantis geriamojo vandens higienos normos HN 24:2023 leistino taršos lygmens, požeminiame vandenyje atsirastų. Tačiau Vilnius turi didžiulius požeminio/geriamojo vandens išteklius, o tai vandens tiekėjams sudaro realias galimybes net ir didelės avarijos BAE atvejais aprūpinti vartotojus labai geros kokybės geriamuoju vandeniu be jokių radionuklidų. Tuo tikslu Studijoje buvo įvertinti vadinamieji saugūs vandenviečių eksploatacijos režimai (saugūs debitai),

kuomet dėl Baltarusijos AE įvykusios avarijos radioaktyviomis medžiagomis užterštas upių vanduo iš viso nepatektų į išgaunamą požeminį vandenį.

Gauti vandenviečių saugių debitų įvertinimo rezultatai parodė, jog Vilnios ir Vokės slėnio vandenvietėse (Sereikiškių, Tuputiškių, N.Vilnios, Pagirių, T.Vokės-I, Grigiškių) jie yra didesni už dabartinius šių vandenviečių debitus, tad čia galima papildomai žeminti požeminio vandens lygį ir saugiai padidinti išgaunamo vandens kiekį. Tuo tarpu Neries slėnio vandenviečių (Nemenčinės, Virių, Vingio, Jankiškių, Bukčių, dalinai Pečiukų) saugus debitas visur yra šiek tiek mažesnis už dabartinį, tad jose šiuo metu išgaunamą požeminio vandens kiekį, norint vandenvietes radiacinės avarijos atveju saugiai eksploatuoti, reiktų kiek sumažinti. Bendras Antavilių vandens tiekimo sistemos (Nemenčinės, Pečiukų, Virių vandenviečių) saugaus debito deficitas vidutiniškai siektų apie 2,14 tūkst. m<sup>3</sup>/d, Vingio parko (Vingio vandenvietės) – 1,81 tūkst. m<sup>3</sup>/d, Bukčių (Bukčių ir Jankiškių vandenviečių) – 1,26 tūkst. m<sup>3</sup>/d.

Studijoje yra pateiktos schemas, kuriose vandenvietės yra padalintos į atskiras gręžinių grupes, kiekvienai šių grupių yra nurodytas saugus eksploatacijos režimas esant maksimaliam, vidutiniam ir minimaliam Neries upės vandens lygiui. Taip pat kiekvienai vandenvietei yra pateiktos lentelės, kur nurodyti kiekvienos gręžinių grupės faktiniai pajėgumai bei kiek tos gręžinių grupės dabartinį debitą reiktų padidinti ar sumažinti avariniu atveju.

Antavilių sistemos papildymui būtų tikslinga „atgaivinti“ šiai sistemai priklausančios ir senokai praktiškai neveikiančios – Karveliškių – vandenvietės eksploataciją. Nustatyta, jog esant vidutiniam Neries upės vandens lygiui Karveliškių vandenvietės saugus debitas siektų 4,45 tūkst. m<sup>3</sup>/d, tad Antavilių sistemą iš šios vandenvietės galima būtų papildyti šiuo požeminio vandens kiekiu. Tai padengtų šios sistemos deficitą, o likęs virš 2 tūkst. m<sup>3</sup>/d kiekis veikiausiai galėtų būti perpumpuotas į Vingio parko sistemą. Eksploatacijos patirtis rodo, jog minėto dydžio saugaus debito eksploatavimui Karveliškių vandenvietėje reiktų turėti bent 4-5 gavybos gręžinius.

Esama vandentiekio sistema jau dabar leidžia Bukčių/Jankiškių vandenviečių vandens trūkumą dalinai kompensuoti iš Žemųjų Panerių vandenvietės, o netolimoje ateityje, pastarąją išplėtus ir atlikus planuojamus techninius vandentiekio tinklų pertvarkymus, UAB „Vilniaus vandenys“ galėtų iš jos dengti ne tik Bukčių, bet ir Vingio parko sistemų deficitą.

Šie du saugaus debito kompensavimo variantai hidrogeologiniu ir ekonominiu požiūriu yra optimaliausi, nes kaip švaraus vandens šaltinis būtų panaudotos arčiausiai esančios ir reikalingą rezervą turinčios vandenvietės. Be to, nemažais saugaus debito rezervais pasižymi ir Vilnios bei Vokės upių slėnių vandenvietės. Esant atitinkamoms realioms vandens tiekimo infrastruktūros pertvarkos galimybėms, švarus ir saugus šių vandenviečių vanduo galėtų būti tiekiamas vilniečiams ir papildyti jo trūkumą atskiruose miesto rajonuose bet kokios avarijos BAE metu.

Manome, kad operatyviai reaguojant į BAE išstikusių didelę avariją, reiktų nedelsiant sureguliuoti vandens gavybą 6-se minėtose probleminėse Vilniaus vandenvietėse iki nustatytų saugių verčių. Tokiu atveju, jei jau būtų įgyvendinti trūkstamo vandens kiekio kompensavimo variantai, šios vandenvietės saugiu debitu galėtų dirbti net ir neribotą laiką, arba iki tol, kol Neryje radionuklidų tūrinis aktyvumas sumažėtų iki nepavojingo lygmens. Šiuo laikotarpiu Neries ruožuose ties vandenvietėmis turėti vykti radiacinis upės vandens monitoringas pagal Studijoje pateiktą metodiką.

Tokiu atveju, jei dar dėl techninių problemų nebūtų įgyvendinti trūkstamo vandens kiekio kompensavimo variantai, tai kai kuriems vartotojams tektų laikinai sumažinti tiekiamo geriamojo vandens kiekį. Vėliau, atsižvelgiant į stebimą realų/potencialų radioaktyviosios taršos mastą ir kitas sąlygas bei iškilusias naujas aplinkybes, būtų galima nustatyti tolesnį optimalų vandenviečių eksploatacijos režimą bei įgyvendinti papildomas priemones trūkstamo vandens kiekio kompensavimui.

Modeliavimo rezultatai rodo, jog rajone privačiais gręžiniais eksploatuojamų kvartero tarpmoreninių spūdinių vandeningųjų sluoksnių radiacinė tarša iš viso nepasiektų (jau nekalbant apie kai kur mieste ir apylinkėse kaptuojamus dar gilesnius kreidos, permio, devono ar silūro vandeninguosius sluoksnius). Tokiu būdu, kaip ir centralizuotų Vilniaus vandenviečių atveju, toliau nuo upių esantys gręžiniai galėtų būti saugiai eksploatuojami nepriklausomai nuo galimų jų debito pokyčių. Ši nuostata iš esmės galioja ir arti upių esantiems privatiems gręžiniams, nes dėl mažo išgaunamo vandens kiekio paviršinis vanduo šių gręžinių praktiškai nemaitina. Abiem atvejais išimtimi galima laikyti tik pačius sekiausius, į pirmąjį nuo žemės paviršiaus (gruntinį) vandeningąjį sluoksnį įrengtus gręžinius.

Kaip parodė atlikti skaičiavimai, BAE avarijos sukeltos ekstremalios taršos atveju, tiesiogiai į atvirus gręžinius ar šulinius patekęs radionuklidais užterštas atmosferinių kritulių vanduo galėtų neleistinai užteršti eksploatuojamą geriamąjį vandenį. Todėl ypač svarbu, kad visi minėti kaptazo įrenginiai būtų reikiamai uždengti, izoliuoti.

Nors, kaip minėjome, gyventojų šachtinių šulinių gruntinis vanduo per dirvožemį ir aeracijos zoną praktiškai negalėtų neleistinai užsiteršti, tačiau lyjant lietui vis dėlto egzistuoja galimybė radioaktyviajai taršai kartu su paviršine nuoplova patekti į šulinius per jų nesandarias vietas. Todėl branduolinės avarijos atveju rekomenduotina šachtinių šulinių (kaip ir aukščiau minėtų sekiausių gręžinių) vandens iš viso nevertoti.